

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON
AMPAS BENGKUANG TERSULFONASI UNTUK PRODUKSI
BIODIESEL DARI PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Persyaratan guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si)*



Oleh :

**SITI VIVI RASMULYA
NIM. 16036021 / 2016**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2020**

PERSETUJUAN SKRIPSI

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON AMPAS BENGKUANG TERSULFONASI UNTUK PRODUKSI BIOIDESSEL DARI PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)

Nama : Siti Vlvi Rasmulya
NIM : 16036021
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Mei 2020

Mengetahui :

Ketua Jurusan

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing

Alizar, S.Pd, M.Sc, Ph.D
NIP. 19700902 1998011 002


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

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Siti Vivi Rasmulya
NIM : 16036021
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON AMPAS BENGKUANG TERSULFONASI UNTUK PRODUKSI BIOIDESSEL DARI PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Kimia Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, Mei 2020

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

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



Anggota : Drs. Bahrizal, M.Si



Anggota : Dr. Hardeli, M.si



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Vivi Rasmulya
NIM : 16036021
Tempat/Tanggal Lahir : Padang/15 September 1997
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi Katalis Karbon Ampas Bengkuang Tersulfonasi untuk Produksi Biodiesel dari PFAD”** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum negara yang berlaku, baik di Universitas Negeri Padang maupun masyarakat dan negara. Demikianlah Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, Mei 2020

Yang Menyatakan,



Siti Vivi Rasmulya
NIM.16036021

Sintesis dan Karakterisasi Katalis Karbon Ampas Bengkuang Tersulfonasi untuk Produksi Biodiesel dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)

Siti Vivi Rasmulya

ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar fosil secara terus-menerus dapat membuat cadangan minyak bumi menipis. Oleh karena itu diperlukan sumber energi alternatif yang terbarukan. Salah satunya adalah biodiesel. Biodiesel diproduksi melalui esterifikasi PFAD menggunakan katalis karbon ampas bengkuang tersulfonasi.

Penelitian tentang Sintesis dan Karakterisasi Katalis Karbon Ampas Bengkuang Tersulfonasi telah dilakukan. Katalis disintesis melalui dua tahap yaitu kalsinasi dan sulfonasi. Variasi yang dilakukan adalah kalsinasi dengan aliran gas N₂ dan tanpa aliran gas N₂. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan metode apa yang cocok digunakan dalam kalsinasi ampas bengkuang.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, katalis dengan variasi kalsinasi menggunakan aliran gas N₂ memiliki jumlah situs asam yang lebih banyak. Biodiesel yang dihasilkan diuji sifat-sifatnya seperti bilangan asam dan densitas. Biodiesel variasi kalsinasi dengan aliran gas N₂ memiliki nilai densitas yang sesuai dengan standar SNI, bilangan asam rendah dengan %konversi 63,4146%.

Kata kunci: biodiesel, PFAD, katalis karbon ampas bengkuang tersulfonasi

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah yang begitu besar, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **Sintesis dan Karakterisasi Katalis Karbon Ampas Bengkuang Tersulfonasi Untuk Produksi Biodiesel dari PFAD**

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan berjalan baik tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada Kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Pembimbing Tugas Akhir
2. Bapak Drs. Bahrizal, M.Si sebagai Pembimbing Akademik
3. Orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan proposal ini.
4. Teman-teman kimia angkatan 2016 dan 2018 yang telah membantu dalam pembuatan skripsi ini.
5. Semua pihak yang terkait yang telah ikut berkontribusi dalam skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik untuk perbaikan skripsi yang akan datang. Semoga karya ini bermanfaat.

Padang, Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	v
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Biodiesel	7
B. Biodiesel dari PFAD.....	10
C. Katalis untuk Produksi Biodiesel.....	11
D. Katalis Karbon Tersulfonasi	12
E. Ampas Bengkuang.....	14
F. Karakterisasi Katalis.....	15
1. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	15
2. Metode Titrasi Asam Basa.....	16
G. Sifat-sifat Biodiesel	17
BAB III	22
METODE PENELITIAN.....	22
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
B. Variabel Penelitian.....	22
C. Alat dan Bahan	22

1. Alat	22
2. Bahan	23
D. Prosedur Penelitian	23
1. Preparasi Katalis Asam Padat	23
2. Karakterisasi Katalis Asam Padat	25
3. Pembuatan Biodiesel dari PFAD (<i>Palm Fatty Acid Distillate</i>)	26
E. Analisis Data	27
1. Densitas	27
2. Bilangan Asam	27
3. FFA (Free Fatty Acid)	27
4. Persentase Konversi	27
5. Kandungan asam (-SO ₃ H)	27
F. Design Penelitian	29
BAB IV	30
PEMBAHASAN	30
A. Analisis dari PFAD	30
B. Karakterisasi Katalis	30
1. Spektra FTIR	30
2. Jumlah Situs Asam	32
C. Biodiesel dari PFAD	33
D. Uji Sifat Biodiesel	34
BAB V	37
KESIMPULAN DAN SARAN	37
A. KESIMPULAN	37
B. Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	42
Lampiran 1	42
Lampiran 2	45
Lampiran 3	46
Lampiran 4	47

Lampiran 5.....	48
Lampiran 6.....	49
Lampiran 7.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 3.1 Penamaan karbon hasil kalsinasi.....	24
Tabel 3.2 Penamaan karbon tersulfonasi	25
Tabel 4.1 Sifat Fisikokimia PFAD.....	30
Tabel 4.2 Jumlah Situs Asam.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1..Reaksi Esterifikasi.....	9
Gambar 2. Reaksi transesterifikasi (Knothe dan Razon; 2017).	9
Gambar 3. Proses Sulfonasi (Santos <i>et al.</i> ; 2015).	14
Gambar 4. Buah Bengkuang	15
Gambar 5. Spektrum IR karbonisasi glukosa sebelum dan sesudah sulfonasi (Lokman et al.; 2015).	16

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi merupakan salah satu kebutuhan dasar dunia yang berperan penting dalam menentukan pertumbuhan ekonomi. Selama beberapa dekade terakhir, bahan bakar fosil telah menjadi sumber energi utama dari semua jenis sumber energi konsumen yang membutuhkan sekitar 35% dari total sumber energi. Saat ini, sekitar 90% kendaraan ditenagai oleh energi berbasis bahan bakar fosil.

Penggunaan bahan bakar fosil yang terus-menerus dapat membuat cadangan minyak bumi menipis dan pada saat yang sama akan memberikan beberapa dampak. Dampak yang diberikan diantaranya pemanasan global efek rumah kaca, polusi udara akibat gas buangan kendaraan bermotor dan tingkat toksisitas yang tinggi. Oleh karena itu diperlukan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Salah satunya adalah biodiesel (Farabi *et al.*; 2019).

Biodiesel merupakan salah satu sumber energi terbarukan. Sumber energi ini tidak beracun, *biodegradable*, menghasilkan emisi gas rumah kaca yang rendah sehingga dapat menggantikan sumber energi yang tidak terbarukan. Biodiesel adalah energi alternatif alami yang bersih, efisien dan dapat meminimalkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Kandungan oksigen yang tinggi dalam biodiesel membuat emisi gas yang tidak diinginkan berkurang sehingga mengurangi polusi udara dan mencegah pemanasan global (Sangar *et al.*; 2019b).

Bahan baku dalam produksi biodiesel adalah minyak nabati atau lemak hewani. Biodiesel dapat diproduksi melalui reaksi esterifikasi dengan alkohol rantai pendek seperti methanol, etanol dan propanol (Sangar *et al.*; 2019b). Upaya untuk membuat harga biodiesel lebih ekonomis dilakukan dengan memanfaatkan bahan baku berbiaya rendah seperti destilat asam lemak sawit (PFAD) (Mardhiah *et al.*; 2017).

Industri kelapa sawit Indonesia menghasilkan hampir 16 juta ton minyak sawit mentah per tahun (Pertanian; 2020). Sementara itu, sekitar 700.000 ton PFAD telah diproduksi setiap tahun sebagai produk sampingan dalam proses penyulingan minyak sawit mentah. Kandungan utama PFAD adalah FFA sebanyak 85%, trigliserida 10%, vitamin E dan sterol.

Secara umum, produksi biodiesel membutuhkan katalis baik katalis heterogen maupun katalis homogen untuk mempercepat reaksi (Syazwani *et al.*; 2019). Pada esterifikasi PFAD, katalis asam homogen dapat memberikan beberapa kelemahan seperti tidak dapat digunakan kembali, proses pemurnian yang lebih kompleks dan masalah korosi. Katalis asam heterogen dapat dijadikan alternatif untuk mengatasi kekurangan katalis asam homogen. Katalis asam heterogen (katalis asam padat) mudah dipisahkan, dapat diregenerasi dan tidak memerlukan langkah pemurnian. Faktanya, katalis asam padat lebih efektif dalam produksi biodiesel karena prosesnya berbiaya rendah dan menghasilkan dampak minimal terhadap lingkungan (Lokman *et al.*; 2015).

Katalis asam padat berbasis karbon dianggap sebagai katalis ideal untuk banyak reaksi karena stabilitas termal dan sifat mekanisnya. Katalis ini dapat dihasilkan dari karbonisasi limbah organik seperti yang mengandung sukrosa,

pati, selulosa dan lignin. Kelompok katalis karbon turunan sukrosa dapat dihasilkan dari karbonisasi, kemudian dilanjutkan dengan sulfonasi sehingga didapatkan katalis karbon tersulfonasi. Beberapa penelitian telah melaporkan karbon tersulfonasi sebagai katalis dalam produksi biodiesel. Misalnya esterifikasi *jatropha oil* dengan katalis karbon tersulfonasi yang berasal dari jarak pagar diperoleh %konversi sebesar 99,13% pada suhu 60°C selama 1 jam (Mardhiah *et al.*; 2017). Esterifikasi PFAD menggunakan katalis karbon tersulfonasi yang berasal dari cangkang kelapa sawit memperoleh %konversi sebesar 97% pada suhu 65°C selama 1 jam (Lokman *et al.*; 2015).

Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) adalah tumbuhan polong yang berasal dari Meksiko yang kaya akan serat, vitamin, karbohidrat, dan mineral. Secara kimiawi, bengkuang mengandung banyak sumber karbohidrat seperti selulosa, lignin, pektin, pati dan hemiselulosa. Tanaman bengkuang mudah dibudidayakan dengan siklus pertumbuhan sekitar 6-8 bulan. Bengkuang dimanfaatkan sebagai sumber buah-buah segar dan jus buah. Jus buah menghasilkan ampas bengkuang yang masih mengandung pati. Oleh sebab itu, ampas bengkuang tersebut memiliki potensi untuk dijadikan sebagai sumber karbon (Ramos-de-la-Peña *et al.*; 2012).

Berdasarkan uraian diatas, akan dilakukan sintesis katalis dari ampas bengkuang yang dikarbonisasi dan sulfonasi untuk produksi biodiesel. Proses karbonisasi dengan aliran gas N₂ dan tanpa aliran gas N₂ akan menjadi variasi dalam sintesis katalis. Selanjutnya katalis digunakan kembali untuk mengetahui gugus sulfonat dalam katalis karbon tersulfonasi. Katalis dikalsinasi pada suhu 350°C selama 1 jam dilanjutkan sulfonasi menggunakan H₂SO₄ p.a selama 4 jam

dengan suhu 160°C. Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan metode titrasi asam basa. Aktivitas katalitik asam padat yang dihasilkan diujikan pada produksi biodiesel dari reaksi PFAD dengan metanol. Produk biodiesel yang dihasilkan dianalisis sifat-sifat kimia seperti densitas dan bilangan asam.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Menipisnya bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui dan meningkatnya penggunaan bahan bakar menimbulkan upaya untuk mencari sumber energi alternatif yang terbarukan.
2. Biodiesel merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat diproduksi dari limbah organik yang mengandung trigliserida atau asam lemak.
3. PFAD merupakan hasil samping dari pengolahan minyak sawit yang memiliki kandungan FFA tinggi.
4. Katalis asam padat dianggap sebagai katalis ideal untuk produksi biodiesel dari bahan baku dengan FFA tinggi.
5. Ampas bengkuang mengandung pati yang cukup tinggi, sehingga bisa digunakan sebagai sumber karbon dalam sintesis katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi.
6. Katalis karbon ampas bengkuang tersulfonasi dapat disintesis melalui proses kalsinasi dengan aliran gas N_2 dan tanpa aliran gas N_2 dan dilanjutkan oleh proses sulfonasi dengan merendam karbon pada H_2SO_4 .

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka perlu dilakukan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Katalis ampas bengkuang tersulfonasi disintesis melalui variasi kalsinasi dengan aliran gas N_2 dan tanpa aliran gas N_2 dilanjutkan oleh proses sulfonasi dengan merendam karbon pada H_2SO_4 .
2. Aplikasi katalis karbon ampas bengkuang tersulfonasi dilakukan pada reaksi esterifikasi dalam produksi biodiesel menggunakan PFAD dan metanol.
3. Karakterisasi katalis dilakukan dengan menggunakan instrumen FTIR dan metode titrasi asam basa
4. Uji biodiesel dilakukan dengan menentukan bilangan asam dan densitas.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian diatas, maka penulis merumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Bagaimana sifat-sifat fisikokimia katalis karbon ampas bengkuang tersulfonasi yang disintesis melalui proses kalsinasi dan disulfonasi dengan H_2SO_4 .
2. Bagaimana aktivitas katalitik katalis karbon ampas bengkuang tersulfonasi dalam mengkonversi PFAD menjadi biodiesel?
3. Bagaimana densitas, bilangan asam dan persentase konversi FFA biodiesel yang dihasilkan dari PFAD, metanol dan katalis karbon ampas bengkuang tersulfonasi?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan diadakan penelitian ini adalah:

1. Menjelaskan sifat-sifat fisikokimia dari katalis karbon tersulfonasi yang disintesis melalui proses kalsinasi dengan aliran gas N_2 dan tanpa aliran gas N_2 dan disulfonasi dengan H_2SO_4 .
2. Menjelaskan aktivitas katalitik katalis karbon ampas bengkuang tersulfonasi dalam mengkonversi PFAD menjadi biodiesel.
3. Menentukan densitas, bilangan asam dan persentase konversi FFA biodiesel yang dihasilkan dari PFAD dan katalis ampas bengkuang tersulfonasi.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui penjelasan sifat-sifat fisikokimia dari katalis karbon tersulfonasi yang disintesis melalui proses kalsinasi dengan aliran gas N_2 dan tanpa aliran gas N_2 dan disulfonasi dengan H_2SO_4 .
2. Mengetahui penjelasan terhadap aktivitas katalitik katalis karbon ampas bengkuang tersulfonasi dalam mengkonversi PFAD menjadi biodiesel.
3. Mengetahui informasi mengenai densitas, bilangan asam dan persentase konversi FFA biodiesel yang dihasilkan dari PFAD dan katalis karbon ampas bengkuang tersulfonasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Biodiesel

1. Pengertian Biodiesel

Biodiesel adalah biofuel yang berasal dari biomassa terbarukan. Bahan bakar ini didefinisikan sebagai ester monoalkil dari asam lemak rantai panjang yang diproduksi dari minyak nabati atau lemak hewani. Penggunaan biodiesel memberikan banyak manfaat lingkungan, diantaranya mengurangi emisi karbon monoksida (CO) sebesar 48%, karbon dioksida (CO₂) sebesar 79%. Masalah partikulat sebesar 47%, sulfur oksida (SO_x) sebesar 100%, hidrokarbon (HC) sebesar 67%, hidrokarbon polisiklik aromatik sebesar 80% (de Lima dan Mota; 2019). Keuntungan utama biodiesel dari bahan bakar adalah ramah lingkungan, terbarukan, titik nyala tinggi, biodegradable dan tidak beracun (Shi *et al.*; 2013).

2. Raw Material

Bahan baku dalam produksi biodiesel adalah minyak nabati atau lemak hewani. Minyak nabati ada yang dapat dimakan dan ada yang tidak dapat dimakan. Minyak nabati yang dapat dimakan contohnya minyak kelapa, minyak kelapa sawit, minyak kedelai, dan minyak bunga matahari. Pada minyak nabati yang tidak dapat dimakan contohnya seperti minyak jarak, minyak jelantah dan PFAD (Yaakob *et al.*; 2013).

Menurut laporan EASAC 2012, berdasarkan asalnya biodiesel diklasifikasikan

menjadi tiga yaitu biodiesel generasi pertama, kedua dan ketiga. Biodiesel generasi pertama dihasilkan dari bahan baku yang dapat dimakan. Contoh bahan baku yang dapat dimakan adalah minyak kedelai, minyak kelapa, minyak jagung, minyak kelapa sawit, dan minyak beras (Mahdavi *et al.*; 2015). Penggunaan bahan baku yang dapat dimakan untuk produksi biodiesel cukup populer di awal masa biodiesel. Ketersediaan tanaman dan prosedur konversi yang relatif mudah menjadi kelebihan dari penggunaan bahan baku yang dapat dimakan. Namun, kemampuan beradaptasi terhadap kondisi lingkungan, biaya tinggi dan tempat pengembangan yang terbatas juga menjadi hambatan dalam produksi biodiesel menggunakan bahan baku yang dapat dimakan. Kelemahan ini membuat peneliti untuk beralih pada sumber alternatif lebih lanjut untuk produksi biodiesel (Tariq *et al.*; 2012).

Biodiesel generasi kedua dihasilkan dari bahan baku yang tidak dapat dimakan. Contoh bahan baku yang tidak dapat dimakan adalah minyak nimba, minyak jarak, minyak karanja dan destilat asam lemak sawit (PFAD). Kekurangan yang terdapat pada bahan baku generasi pertama, menarik para peneliti untuk bekerja pada bahan baku tidak dapat dimakan. Ramah lingkungan dan biaya produksi yang rendah menjadi manfaat utama dalam produksi biodiesel generasi kedua.

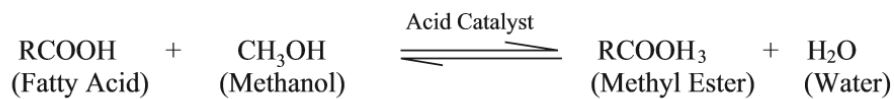
Biodiesel yang dihasilkan dari mikroalga dan minyak limbah disebut sebagai biodiesel generasi ketiga. Manfaat utama dari biodiesel generasi ketiga adalah efek rumah kaca yang lebih rendah, tingkat pertumbuhan dan produktivitas yang lebih tinggi dan pengaruh yang lebih rendah terhadap pasokan makanan.

Sumber utama untuk biodiesel generasi ketiga adalah minyak ikan, lemak hewan, ganggang mikro dan minyak jelantah (Singh *et al.*; 2019b).

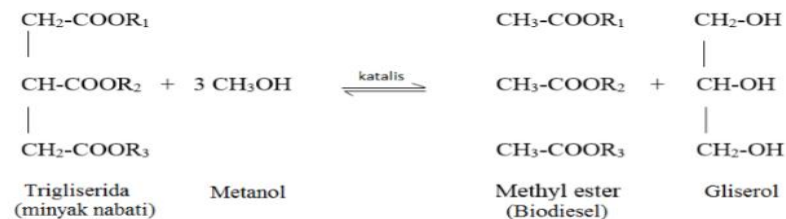
3. Mekanisme Biodiesel

Biodiesel diperoleh dengan esterifikasi atau transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani yang sebagian besar terdiri dari trigliserida dengan alkohol monohidrat.

Berikut merupakan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi:



Gambar 1..Reaksi Esterifikasi



Gambar 2. Reaksi transesterifikasi (Knothe dan Razon; 2017).

Alkohol yang paling umum digunakan dalam produksi biodiesel adalah methanol untuk membentuk ester monoalkil (Knothe dan Razon; 2017). Jadi, biodiesel sering disebut sebagai ester metil asam lemak atau *fatty acid methyl ester* (FAME). Rantai asam lemak dan fungsi alkohol berkontribusi dalam FAME yang dihasilkan. Oleh karena itu, sifat yang diberikan oleh jenis alkohol lain dalam produksi biodiesel harus dipertimbangkan (Prince *et al.*; 2008).

B. Biodiesel dari PFAD

Berdasarkan ketersediaan beberapa sumber minyak nabati tersebut, minyak kelapa sawit yang memiliki potensi yang paling besar digunakan dalam produksi biodiesel. Hal ini ditunjukkan oleh fakta bahwa Indonesia adalah Negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Indonesia menguasai 37% kegiatan ekspor-import minyak kelapa sawit di pasar dunia. Pohon kelapa sawit juga memiliki waktu hidup yang lama (Hossain *et al.*; 2018)

FAME berhasil diproduksi dari distilat asam lemak sawit (PFAD) yang tidak dapat dimakan. PFAD sebagai bahan baku yang menarik, murah dan tidak dapat dimakan. Asam lemak ini adalah produk sampingan dari penyulingan minyak sawit mentah dan merupakan padatan kuning atau coklat pada suhu kamar. PFAD memiliki 85% kandungan asam lemak bebas (FFA) yang dapat dikonversi menjadi alkil ester melalui esterifikasi yang dikatalisis dengan alkohol (Lokman *et al.*; 2019). Kandungan FFA yang tinggi sehingga katalis alkali homogen dan heterogen tidak dapat digunakan pada esterifikasi PFAD untuk menghindari proses penyabunan yang disebabkan oleh netralisasi FFA (Lokman *et al.*; 2016).

Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan konversi PFAD menjadi biodiesel dilakukan menggunakan metode iradiasi gelombang mikro, methanol superkritis dan katalis asam padat yang berasal dari karbohidrat (Lokman *et al.*; 2019). Aktivitas katalitik dari katalis asam padat berbasis karbon dipengaruhi oleh beberapa factor seperti rasio molar methanol ke PFAD, jumlah katalis, suhu reaksi dan waktu reaksi (Lokman *et al.*; 2016).

C. Katalis untuk Produksi Biodiesel

Katalis adalah suatu zat yang mampu mempercepat laju reaksi kimia tanpa mengubah atau memengaruhi substansi di dalam reaksi tersebut. Pada dasarnya material bergabung dengan reaktan, akan tetapi pada akhir reaksi katalis dapat diregenerasi sehingga jumlah katalis tetap dan tidak berubah pada saat sebelum dan sesudah reaksi (Lokman *et al.*; 2016). Berdasarkan fasanya katalis terbagi atas katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang berada pada fasa yang sama dengan reaktannya. Kelemahan dari katalis homogen adalah sulit dipisahkan dan membutuhkan banyak air untuk memurnikan biodiesel yang dihasilkan. Katalis homogen dibagi menjadi dua yaitu katalis basa dan asam.

KOH, KOCH₃, NaOH, NaOCH₃, dan NaOCH₂CH₃ merupakan katalis basa homogen yang umum digunakan. sensitive terhadap FFA yang terkandung dalam minyak, dapat terjadi saponifikasi jika kandungan FFA yang ada dalam minyak lebih dari 2% sehingga menurunkan hasil biodiesel dan menyebabkan masalah selama pemurnian produk (Talha dan Sulaiman; 2016). Katalis asam homogen memiliki beberapa asam yang umum digunakan dalam pembuatan biodiesel, diantaranya asam sulfat, asam sulfonat, asam klorida, asam sulfonat organik, dan besi sulfat. Katalis asam homogeny tidak sensitif terhadap kandungan asam lemak bebas yang tinggi Meskipun demikian, katalis ini memiliki laju reaksi yang relative lambat dan membutuhkan biaya produksi yang lebih tinggi (Helwani *et al.*; 2009).

Katalis heterogen umumnya berfasa padat sedangkan reaktan berfasa cair atau gas. Katalis heterogen lebih disukai dibandingkan dengan katalis homogen karena katalis ini tidak korosif, aktivitas tinggi, mudah dipisahkan dan memiliki

waktu katalis yang lama (Sangar *et al.*; 2019a). Penggunaan katalis heterogen tidak membutuhkan biaya yang tinggi dan dapat meminimalkan dampak terhadap lingkungan serta efektif untuk produksi biodiesel karena proses pemurnian dalam kondisi ringan. Katalis heterogen terdiri dari kelompok basa padat dan asam padat. (Zhao *et al.*; 2018).

Sebagian besar katalis basa padat yang dikembangkan untuk produksi biodiesel adalah alkali oksida dan alkali tanah oksida. Salah satu contoh katalis basa padat yang umum digunakan adalah kalsium oksida (CaO). Katalis CaO memiliki banyak keuntungan, diantaranya aktivitas yang tinggi, masa hidup katalis yang panjang, dan dapat berlangsung dalam reaksi sedang. Meskipun demikian, katalis CaO juga dapat memperlambat laju reaksi dalam produksi biodiesel dan memerlukan proses pemurnian yang lebih lama (Talha dan Sulaiman; 2016). Namun, bahan baku ini mengandung asam lemak bebas (FFA) dalam jumlah tinggi yang tidak cocok untuk digunakan katalis basa karena dapat menyebabkan masalah penyabunan. Oleh karena itu, pemanfaatan katalis asam padat seperti karbon sulfonasi, oksida logam sulfat, karbon nanotube fungsional dan katalis asam yang difungsikan secara organik lebih cocok (Shuit *et al.*; 2013).

D. Katalis Karbon Tersulfonasi

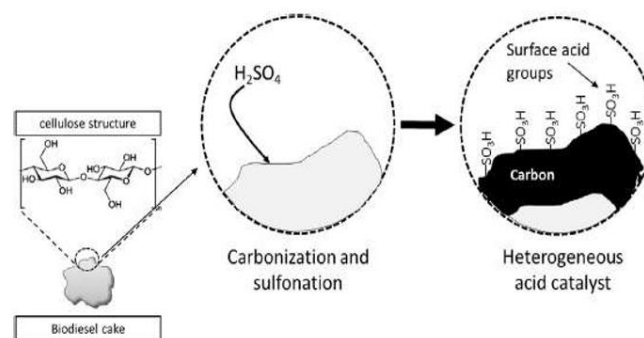
Katalis asam padat berbasis karbon dianggap sebagai katalis ideal untuk banyak reaksi karena sifatnya yang mudah stabil dan sifat mekanisnya (Theam *et al.*; 2015). Katalis berbasis karbon seperti katalis karbon turunan sukrosa, katalis karbon biomassa jarak pagar, katalis karbon turunan selulosa, katalis karbon tanah, katalis berbasis karbohidrat sulfonasi (Sangar *et al.*; 2019a).

Mardhiah *et al* (2017) melakukan esterifikasi *jatropha* oil dengan menggunakan katalis karbon sulfat yang berasal dari jarak pagar dan memperoleh 99,13% konversi FFA pada 60°C dengan waktu reaksi 1 jam. Farabi *et al* (2019) juga melaporkan esterifikasi PFAD dengan menggunakan katalis karbon turunan kulit kelapa sawit yang diperoleh dengan katalis karbon dan memperoleh 97% konversi FFA pada 65°C dengan waktu reaksi 1 jam. Lokman *et al* (2015) menginvestigasi aktivitas katalitik dari katalis karbon glukosa tersulfonasi melalui esterifikasi PFAD dan memperoleh 92,4% pada waktu reaksi 134 menit dan suhu reaksi 64°C.

Proses karbonisasi biasanya menggunakan metode kalsinasi. Kalsinasi adalah proses penguraian suatu bahan atau molekul organik pada suhu tinggi baik dengan adanya udara maupun tanpa adanya udara. Karbonisasi digunakan untuk pembentukan cincin polisiklik aromatik yang berfungsi sebagai dukungan untuk situs. Ada beberapa parameter penting yang mempengaruhi sifat-sifat karbon, diantaranya waktu kalsinasi, suhu kalsinasi, laju pemanasan dan laju aliran gas nitrogen.

Suhu kalsinasi terkait dengan jumlah energi yang diperlukan untuk memutus ikatan kimia dari bahan organik untuk membentuk karbon polisiklik aromatic. Waktu sulfonasi adalah waktu dimana bahan tetap berada dalam reactor pada suhu tertentu sebelum didinginkan. Laju pemanasan adalah salah satu parameter yang mempengaruhi komposisi volatile dan sifat karbon. Efek laju aliran gas nitrogen juga harus dipertimbangkan dalam proses karbonisasi karena gas memainkan peran penting dalam menghilangkan senyawa yang mudah menguap dari permukaan karbon (Qi *et al.*; 2019).

Sulfonasi adalah proses penambahan gugus asam sulfonat ($-\text{SO}_3\text{H}$) ke dalam lembaran-lembaran karbon polisiklik aromatik (Garg *et al.*; 2014). Material karbon yang mengandung gugus asam sulfonat ($-\text{SO}_3\text{H}$) dianggap sebagai katalis asam oadat yang baik. Sulfonasi dengan asam sulfat dilakukan untuk memperkenalkan gugus asam sulfonat ($-\text{SO}_3\text{H}$) ke dalam cincin polisklik aromatik melalui ikatan kovalen denagn cara menggantikan hidrogen dalam ikatan pada struktur katalis (Lou *et al.*; 2012). Katalis karbon tersulfonasi disiapkan melalui sulfonasi dan karbonisasi hidrokarbon aromatik polisiklik. Katalis asam padat tersulfonasi diyakini efektif dalam produksi biodiesel oleh esterifikasi PFAD (Konwar *et al.*; 2014).



Gambar 3. Proses Sulfonasi (Santos *et al.*; 2015).

E. Ampas Bengkuang

Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) adalah tumbuhan polong yang berasal dari Meksiko yang kaya akan serat, vitamin, karbohidrat, dan mineral (Stevenson *et al.*; 2007). Saat ini bengkoang diproduksi di Meksiko, Brasil, Amerika Serikat, Cina, Indonesia, Filipina, Nigeria, Thailand, dan Malaysia (Ramos-de-la-Peña *et al.*; 2012). Bengkuang merupakan tanaman polong termasuk pada subfamily *Papilionoideae* dan sudah dibudidayakan di Meksiko sejak zaman Aztec Kuno (Juarez dan Paredes-lopez; 1994). Buah ini dapat menjadi sumber dari beberapa

produk, seperti bahan makanan, biofuel, asam organik, dll (Noman, Hoque, Haque, Pervin&Karim,2007).



Gambar 4. Buah Bengkuang

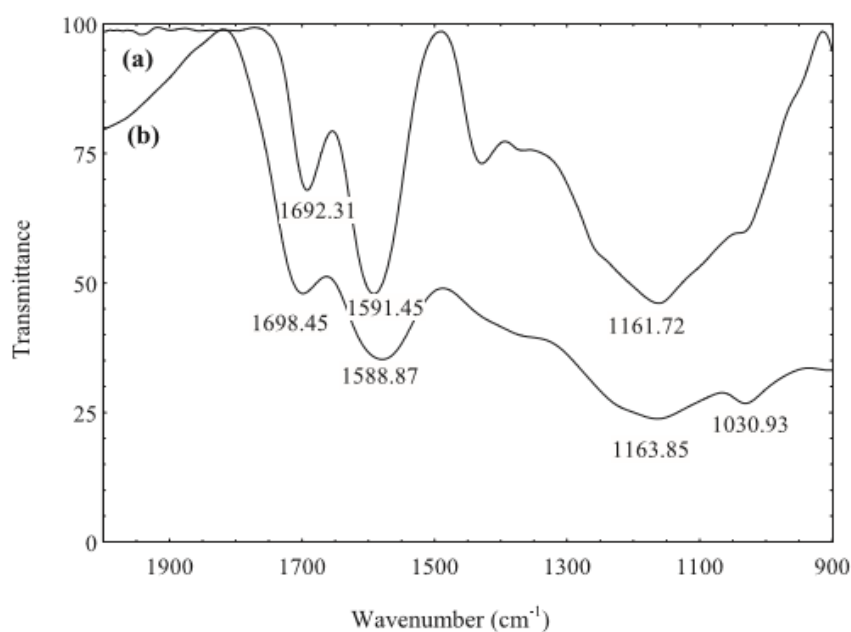
Komposisi kimia dari dinding sel buah bengkuang terdiri dari selulosa, lignin, pektin dan hemiselulosa (Noman *et al.*; 2007). Pati adalah polisakarida cadangan yang terdapat dalam umbi bengkuang (Amaya-Llano *et al.*; 2011). Studi lanjutan menunjukkan bahwa polisakarida dari dinding sel bengkuang tersusun oleh arabinosa, ramnosa, xylose, manosa, galaktosa, glukosa, asam galakturonat, dan asam glukoronat.

F. Karakterisasi Katalis

1. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) adalah suatu metode analisis kualitatif dan kuantitatif yang berfungsi untuk menentukan gugus fungsi suatu senyawa organik. Prinsip kerja FTIR adalah mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut (Mueller *et al.*; 2013). Absorpsi inframerah memiliki dua syarat yang harus dipenuhi untuk melakukan penyerapan oleh suatu materi, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi.

Gambar 5 menggambarkan spectrum IR dari katalis glukosa spectrum IR dari katalis glukosa yang tidak tersulfonasi dan katalis glukosa yang tersulfonasi ($-\text{SO}_3$). Pada panjang gelombang $1591,45 \text{ cm}^{-1}$ - $1588,87 \text{ cm}^{-1}$ ditunjukkan dengan cincin aromatik $\text{C}=\text{C}$ yang terdapat dalam sketsa karbon polarisasi. Sementara itu, panjang gelombang $1692,31 \text{ cm}^{-1}$ - $1698,45 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus $\text{C}=\text{O}$ dari kelompok $-\text{COOH}$. Kehadiran gugus sulfonat ditunjukkan pada panjang gelombang yang kuat dan jelas pada $1030,93 \text{ cm}^{-1}$ (Lokman *et al.*; 2015).



Gambar 5. Spektrum IR karbonisasi glukosa sebelum dan sesudah sulfonasi (Lokman *et al.*; 2015).

2. Metode Titration Asam Basa

Kandungan gugus sulfonat ($-\text{SO}_3\text{H}$) berdasarkan pada kandungan sulfur yang terdapat pada katalis. Aktivitas katalitik dari katalis ditentukan dari seberapa banyak kandungan gugus sulfonat yang melekat pada katalis. Kandungan gugus

sulfonat diperkirakan dari pertukaran ion H^+ pada katalis dan Na^+ dalam larutan NaCl dan NaOH (Wang, 2016).

G. Sifat-sifat Biodiesel

1. Bilangan Asam

Jumlah FFA yang ada dalam bahan baku menentukan bulangan asam. Satuan bilangan asam ditentukan oleh mg KOH/g. Bilangan asam tinggi menimbulkan masalah korosi dan bilangan asam tinggi disebabkan oleh kandungan FFA tinggi. Sifat ini juga dapat digunakan sebagai tanda pelumasan di saluran bahan bakar (Sakthivel *et al.*; 2018). Untuk minyak mentah dan minyak kedelai memiliki nilai bilangan asam terendah yakni 0,28 mg KOH/g, sedangkan minyak karet memiliki bilangan asam tertinggi yakni 25,67 mg KOH/g (Singh *et al.*; 2019a).

2. Densitas

Densitas adalah salah satu karakteristik bahan bakar signifikan yang digunakan untuk mengetahui perkiraan jumlah bahan bakar yang dikirim oleh sistem injeksi untuk pembakaran bahan bakar yang tepat. Bahan bakar densitas tinggi mengandung lebih banyak massa dibandingkan dengan bahan bakar densitas rendah. Oleh karena itu, jumlah energi dan rasio udara-bahan bakar di ruang bakar dipengaruhi oleh kepadatan bahan bakar. Kepadatan bahan bakar biodiesel dipengaruhi oleh banyak elemen, misalnya, profil metil ester, jenis bahan baku, dan proses produksi biodiesel (Pratas *et al.*; 2011).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Katalis asam padat berbasis karbon ampas bengkuang tersulfonasi dapat disintesis melalui kalsinasi dengan aliran gas N_2 dan tanpa aliran gas N_2 kemudian dilanjutkan proses sulfonasi dengan merendam karbon di dalam H_2SO_4 pa. Sifat fisikokimia katalis dikarakterisasi menggunakan FTIR dan metode titrasi asam basa. Pada uji FTIR terdapat dua pita serapan yang kuat yaitu pada panjang gelombang 1120 cm^{-1} dan 1030 cm^{-1} . Kandungan asam pada katalis ditentukan menggunakan metode titrasi asam basa, katalis variasi kalsinasi dengan aliran gas N_2 memiliki kandungan asam lebih tinggi daripada variasi tanpa aliran gas N_2 .
2. Katalis asam padat berbasis karbon ampas bengkuang tersulfonasi dapat digunakan untuk produksi biodiesel dengan %konversi sebesar 63,4146%.
3. Densitas dan bilangan asam pada biodiesel yang didapatkan lebih rendah dibanding densitas dan bilangan PFAD.

B. Saran

Penelitian ini diharapkan mencari optimasi waktu dan suhu kalsinasi pada katalis karbon ampas bengkuang tersulfonasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaya-Llano, S. L., Martínez-Bustos, F., Alegría, A. L. M., & de Jesús Zazueta-Morales, J. (2011). Comparative Studies on Some Physico-chemical, Thermal, Morphological, and Pasting Properties of Acid-thinned Jicama and Maize Starches. *Food and Bioprocess Technology*, 4(1), 48–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0153-z>
- Amaya-Llano, S.L., Martínez-Bustos, F., Alegría, A.L.M., dan de Jesús Zazueta-Morales, J. 2011. Comparative Studies on Some Physico-chemical, Thermal, Morphological, and Pasting Properties of Acid-thinned Jicama and Maize Starches *Food Bioprocess Technol.* 4:1, 48–60.
- Atabani, A.E., Silitonga, A.S., Badruddin, I.A., Mahlia, T.M.I., Masjuki, H.H., dan Mekhilef, S. 2012. A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16:4, 2070–2093.
- Bhuiya, M.M.K., Rasul, M.G., Khan, M.M.K., Ashwath, N., dan Azad, A.K. 2016. Prospects of 2nd generation biodiesel as a sustainable fuel - Part: 1 selection of feedstocks, oil extraction techniques and conversion technologies *Renew. Sustain. Energy Rev.* 55, 1109–1128.
- Bunaciu, A.A., Udriștioiu, E. gabriela, dan Aboul-Enein, H.Y. 2015. X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications *Crit. Rev. Anal. Chem.* 45:4, 289–299.
- Chen, H.Y., dan Cui, Z.W. 2016. A microwave-sensitive solid acid catalyst prepared from sweet potato via a simple method *Catalysts* 6:12.
- de Lima, A.L., dan Mota, C.J.A. 2019. Biodiesel: A Survey on Production Methods and Catalysts *Jatropha, Challenges a New Energy Crop* 475–491.
- Farabi, M.S.A., Ibrahim, M.L., Rashid, U., dan Taufiq-Yap, Y.H. 2019. Esterification of palm fatty acid distillate using sulfonated carbon-based catalyst derived from palm kernel shell and bamboo *Energy Convers. Manag.* 181:September 2018, 562–570.
- Garg, B., Bisht, T., dan Ling, Y.C. 2014. Graphene-based nanomaterials as heterogeneous acid catalysts: A comprehensive perspective *Molecules* 19:9, 14582–14614.
- Helwani, Z., Othman, M.R., Aziz, N., Fernando, W.J.N., dan Kim, J. 2009. Technologies for production of biodiesel focusing on green catalytic techniques: A review *Fuel Process. Technol.* 90:12, 1502–1514.
- Hossain, M.N., Ullah Siddik Bhuyan, M.S., Md Ashraful Alam, A.H., dan Seo, Y.C. 2018. Biodiesel from hydrolyzed waste cooking oil using a S-ZrO₂/SBA-15 super acid catalyst under sub-critical conditions *Energies* 11:2.