

**SINTESIS KATALIS ASAM PADAT DENGAN VARIASI WAKTU
SULFONASI PADA KARBON HASIL KALSINASI BIJI
ALPUKAT UNTUK PEMBUATAN BIODIESEL**

SKRIPSI

*Diajukan kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Kimia sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)*



LIDIA HERNINGSIH

14036048/2014

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKAN DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

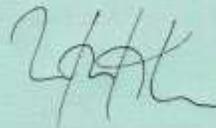
PERSETUJUAN SKRIPSI

**SINTESIS KATALIS ASAM PADAT DENGAN VARIASI WAKTU
SULFONASI PADA KARBON HASIL KALSINASI BIJI ALPUKAT UNTUK
PEMBUATAN BIODIESEL.**

Nama : Lidia Herningsih
Nim : 14036048
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

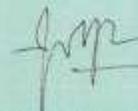
Padang, Mei 2018

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si, M.Si
NIP. 19840914 200812 2 004

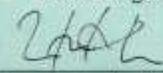
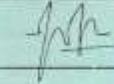
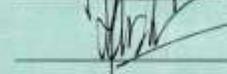
HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

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

Judul : Sintesis Katalis Asam Padat Dengan Variasi Waktu Sulfonasi
Pada Karbon Hasil Kalsinasi Biji Alpukat Untuk Pembuatan
Biodiesel
Nama : Lidia Hermingsih
NIM : 14036048
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Mei 2018

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D	
2. Sekretaris : Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si, M.Si	
3. Anggota : Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si	
4. Anggota : Edi Nasra, S.Si, M.Si	
5. Anggota : Dr. Hardeli, M.Si	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lidia Herningsih
TM/NIM : 14036048/2014
Tempat/Tanggal Lahir : Talawi/08 Januari 1996
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : MIPA
Alamat : Talawi, Sawahlunto
No.HP/Telepon : 081277793095
Judul Skripsi : Sintesis Katalis Asam Padat Dengan Variasi Waktu
Sulfonasi Pada Karbon Hasil Kalsinasi Biji Alpukat
Untuk Pembuatan Biodiesel

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademi (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 daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangan **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji

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

Padang, Mei 2018
Yang membuat pernyataan,



Lidia Herningsih
NIM : 14036048

ABSTRAK

Lidia Herningsih (2018) : SINTESIS KATALIS ASAM PADAT DENGAN VARIASI WAKTU SULFONASI PADA KARBON HASIL KALSINASI BIJI ALPUKAT UNTUK PEMBUATAN BIODIESEL

Tingginya konsumsi bahan bakar fosil menyebabkan polusi dan efek rumah kaca. Selain itu ketersedianya di alam terus berkurang karena bahan bakar fosil tidak dapat diperbarui. Oleh karena itu perlunya bahan bakar terbarukan dan berkelanjutan dalam mengatasi keterbatasan dan efek negatif dari bahan bakar fosil. Salah satu bahan bakar terbarukan dan berkelanjutan yang paling sesuai dikembangkan adalah biodiesel. Biodiesel dapat dihasilkan dari reaksi antara minyak sawit dan metanol dengan bantuan katalis. Salah satu katalis yang menjadi subjek dalam penelitian ini adalah katalis asam padat dari karbon biji alpukat tersulfonasi. Katalis ini disintesis dengan proses kalsinasi yang kemudian dilanjutkan proses sulfonasi dengan variasi waktu sulfonasi 2,4,6,8, dan 10 jam. Waktu optimum sulfonasi pada 8 jam, hal ini dibuktikan oleh hasil analisis menggunakan TPD-NH₃ yang mana pada waktu tersebut diperoleh jumlah densitas yang paling tinggi. Disamping itu, untuk memastikan gugus sulfat menempel pada karbon tersulfonasi di karakterisasi menggunakan FTIR. Dari spektrum FTIR diperoleh pita serapan panjang gelombang 1100-1200 cm⁻¹ yang merupakan ikatan S=O. Hal ini menandakan adanya gugus SO₃H yang terikat pada karbon hasil sulfonasi yang terikat secara kovalen pada struktur karbon aromatik polisiklik. Selain itu dari hasil aplikasi katalis asam padat karbon tersulfonasi dalam reaksi minyak sawit dengan metanol diperoleh bahwa semakin besar jumlah densitas situs asam maka semakin baik biodiesel yang dihasilkan.

Kata Kunci : katalis asam padat, karbon tersulfonasi, kalsinasi, biodiesel

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan Proposal Penelitian yang berjudul **SINTESIS KATALIS ASAM PADAT DENGAN VARIASI WAKTU SULFONASI PADA KARBON HASIL KALSINASI BIJI ALPUKAT UNTUK PEMBUATAN BIODIESEL**. Shalawat dan salam untuk Nabi taulatan kita, Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Proposal penelitian ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan untuk memperoleh Sarjana S-1 pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulis proposal tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D selaku pembimbing I sekaligus Penasehat Akademik.
2. Ibu Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si, M.Si selaku pembimbing II.
3. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Negeri Padang.
5. Prof Dr Taufik Yap Yun Hin ketua labor PutraCat Universiti Putra Malaysia

6. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam melakukan setian aktivitas yang dilakukan penulis.
7. Teman-teman Kimia Angkatan tahun 2014.

Untuk kesempurnaan skripsi ini, maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapan terima kasih.

Padang, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Rumusan Masalah.....	6
1.5 Tujuan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Katalis Asam Padat	8
2.2 Sulfonasi Karbon sebagai Katalis	10
2.3 Karbonisasi Biji Alpukat.....	12
2.4 Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit	13
2.5 Karakterisasi Katalis Asam Padat	15
2.5.1 FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>).....	15
2.5.2 XRD (<i>X-ray Powder Diffraction</i>)	16
2.5.3 TPD (<i>Temperatur Programmed Desorption</i>) NH ₃	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2 Variabel Penelitian.....	18
3.3 Alat.....	19
3.4 Bahan	19

3.5	Pembuatan Katalis Asam Padat	19
3.6	Aplikasi Pembuatan Biodiesel	20
3.7	Karakterisasi	21
3.7.1	FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>)	21
3.7.2	XRD (<i>X-ray Powder Diffraction</i>)	21
3.7.3	TPD (<i>Temperatur Programmed Desorption</i>) NH ₃	22
BAB IV PEMBAHASAN.....		22
4.1	Sifat Fsikokimia Katalis Karbon Tersulfonasi.....	22
4.1.1	Spektra FTIR.....	22
4.1.2	Pola XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>) Karbon Tersulfonasi.....	25
4.1.3	Pola TPD (<i>Temperatur Programmed Desorption</i>) NH ₃	27
4.2	Aplikasi Katalis untuk Pembuatan Biodiesel.....	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran	33
DAFTAR PUSTAKA		34

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
2.1 Beberapa contoh sumber karbon.....	11
3.2 Penamaan sampel.....	20
4.1. Data sifat-sifat Fisika Biodiesel	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
2.1 Proses reaksi sulfonasi.	11
2.2 Mekanisme reaksi katalitik asam padat.....	14
2.3 Spektra FTIR	16
4.1 Spektra IR karbon sesudah dan sebelum sulfonasi	24
4.3 Pola TPD-NH ₃ untuk karbon sebelum dan sesudah sulfonasi	27
4.4. Hubungan antara jumlah situs asam katalis dengan densitas, laju alir dan bilangan asam	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Diagram Alir Penelitian	37
a. Kalsinasi Biji Alpukat	37
b. Sulfonasi Karbon Biji Alpukat.....	38
c. Aplikasi Pembuatan Biodiesel	39
d. Diagram Alir Prosedur Kerja Secara Umum	40
2. Spektrum FTIR Hasil Karakterisasi Karbon Sebelum dan Sesudah Sulfonasi.....	41
a. Spektrum FTIR dari Karbon Sebelum Sulfonasi	41
b. Spektrum FTIR Karbon Tersulfonasi Selama 2 Jam.....	42
3. Pola XRD Karbon Sebelum dan Sesudah Sulfonasi	43
4. Pola Dan Jumlah Densitas Situs Asam Pada TPD	44
5. Data dan Perhitungan Hasil Uji Sifat Fisika Biodiesel	45
a. Data dan Perhitungan Hasil Uji Densitas	45
b. Data dan Perhitungan Bilangan Asam Biodiesel.....	46
c. Data dan Hasil Perhitungan Uji Laju Alir Biodiesel	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan yang terjadi sehubungan dengan bahan bakar fosil (*diesel*) mendapat perhatian yang serius dari masyarakat dunia saat ini. Tingginya konsumsi bahan bakar fosil yang diikuti dengan berkurangnya ketersediaan bahan bakar tersebut di alam menyebabkan harga minyak dunia berfluktuatif. Peningkatan penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan tingginya polusi dan efek rumah kaca (Diamantopoulos, Panagiotaras, & Nikolopoulos, 2015). Oleh karena itu penelitian dan pengembangan bahan bakar terbarukan dan berkelanjutan menjadi fokus dunia dalam mengatasi keterbatasan dan efek negatif dari bahan bakar fosil. Salah satu bahan bakar terbarukan dan berkelanjutan yang paling sesuai dikembangkan (terutama di Indonesia) adalah biodiesel (Ibrahim M. Lokman, Umer Rashid, 2016).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang terdiri dari metil ester asam lemak yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi trigliserida atau esterifikasi asam lemak bebas dengan metanol (Istadi, Anggoro, Buchori, Rahmawati, & Intaningrum, 2015). Biodiesel sangat potensial sebagai bahan bakar pengganti disel karena energi yang di lepaskan lebih besar dari energi yang dihasilkan dari minyak solar. Beberapa kelebihan lain dari biodiesel adalah ramah lingkungan, *biodegradable*, tidak beracun, emisi rendah, dan terbarukan. Kelebihan ini mampu mengatasi permasalahan pada bahan bakar fosil (Refaat, 2011).

Bahan baku utama yang digunakan untuk pembuatan biodiesel berasal dari minyak nabati dan minyak hewani. Beberapa contoh minyak nabati seperti minyak kedelai, minyak jarak, dan minyak kelapa sawit telah dilaporkan sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel (Chabukswar, Heer, & Gaikar, 2013). Minyak kelapa sawit merupakan sumber biodiesel yang menjanjikan di Indonesia karena ketersediannya yang melimpah. Minyak kelapa sawit mengandung kandungan FFA (*Free Fatty Acid*) yang tinggi, masa hidup tanaman sawit adalah 25-30 tahun dan tahan terhadap perubahan cuaca.

Reaksi pembuatan biodiesel adalah reaksi kesetimbangan yang berjalan lambat sehingga di perlukan katalis untuk memepercepat laju dan meningkatkan jumlah konversi minyak menjadi biodiesel. Katalis yang digunakan dalam pembuatan biodiesel terbagi dalam dua kelompok yaitu katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen yang banyak digunakan adalah kelompok asam kuat (H_2SO_4) dan basa kuat (NaOH dan KOH). Kelemahan dari katalis-katalis ini adalah bercampur dengan produk yang dihasilkan. Proses pemisahan dari produk sangat rumit karena membutuhkan banyak air untuk menarik katalis keluar dari produk. Air yang mengandung katalis asam dan basa tersebut bersifat korosif sehingga katalis ini tidak ramah lingkungan (Emrani & Shahbazi, 2012).

Katalis heterogen lebih berkembang dari katalis homogen karena produk yang dihasilkan dapat dipisahkan dengan pemisahan yang relatif sederhana. Pemisahan dapat dilakukan melalui proses sentrifugasi (Ibrahim M. Lokman, Umer Rashid, 2016). Katalis heterogen terdiri dari kelompok basa padat dan asam padat. Beberapa

katalis yang termasuk kelompok basa padat adalah oksida logam alkali tanah, oksida campuran, dan zeolit. Katalis basa padat yang umum digunakan adalah CaO (Calcium Oksida) dan MgO (Magnesium Oksida) (Chemistry & Li, 1977). Tetapi aktivitas katalis ini tergantung pada sisi aktif pada permukaannya. Permukaan CaO dan MgO mudah di pengaruhi oleh penyerapan karbon dioksida dan air di udara untuk membentuk karbonat dan hidroksida (Thanh, Okitsu, Boi, & Maeda, 2012). Katalis ini juga dapat membentuk sabun dengan asam lemak bebas yang memiliki kandungan FFA yang tinggi sehingga penggunaannya menjadi terbatas untuk minyak dengan persentase FFA 0,5%.

Katalis asam padat adalah katalis yang pada permukaannya memiliki pusat aktif asam. Katalis ini lebih cocok digunakan untuk produksi biodiesel karena dapat melakukan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi sekaligus. Katalis asam padat tidak dipengaruhi oleh konsentrasi FFA dalam minyak. Selain itu katalis asam padat juga memiliki beberapa kelebihan yaitu ramah lingkungan, mengurangi masalah korosif dan memungkinkan proses terjadi secara berkesinambungan (Ibrahim M. Lokman, Umer Rashid, 2016). Katalis asam padat dapat berasal dari kelompok sulfonasi oksida logam (ZnO/SO_4^{2-} , TiO_2/SO_4^{2-}), permukaan asam dari oksida biner (SiO_2/TiO_2) dan sulfonasi karbon dari bahan organik.

Sulfonasi karbon dengan mudah diproduksi dengan cara karbonisasi lengkap hidrokarbon aromatik atau sulfonasi senyawa anorganik atau organik melalui karbonisasi tidak lengkap. Sulfonasi karbon memanfaatkan limbah pertanian, kehutanan, serbuk gergaji, daun bambu, dan jerami gandum. Sumber karbon dari

bahan organik seperti pati dan glukosa lebih menguntungkan, karena karbonisasi akan membentuk karbon yang kaku terdiri dari lembaran karbon aromatik polisiklik. Sulfonasi karbon dari bahan pati dengan membentuk kepadatan yang tinggi dan situs aktif yang tinggi. Katalis ini juga menunjukkan aktifitas katalitik yang tinggi dan stabil serta dapat digunakan kembali (Wang et al., 2015).

Biji alpukat merupakan limbah organik yang dihasilkan dari proses komersial. Limbah telah dimanfaatkan sebagai sumber biodiesel, makanan, obat-obatan, kosmetik dan absorben dan pupuk kompos. Namun demikian masih banyak biji alpukat yang ditemukan menumpuk dan kurang dimanfaatkan. Biji alpukat sebagian besar mengandung pati sehingga banyak digunakan sebagai sumber karbon untuk karbon aktif.

Beberapa penelitian telah dilaporkan tentang penggunaan karbon biji alpukat sebagai absorben dengan metoda kalsinasi. Kalsinasi atau karbonisasi merupakan dekomposisi termal dari bahan karbon menghilangkan spesies non karbon dan menghasilkan massa karbon yang tetap dan struktur berpori. Karbon berpori yang diperoleh didominasi oleh makropori dengan luas permukaan yang spesifik. Proses ini biasanya berlangsung pada suhu di bawah 800°C dalam suasana inert (Julius, 2015). Oleh karena itu, dari sifat yang dimiliki material karbon hasil kalsinasi biji alpukat menunjukkan bahwa karbon biji alpukat sangat potensial digunakan untuk katalis karbon tersulfonasi (KT).

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini disintesis katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi dari biji alpukat yang akan di aplikasikan pada

pembuatan biodiesel. Sintesis material ini dilakukan dengan memvariasikan waktu sulfonasi. Karakterisasi sampel dilakukan dengan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), XRD (*X-ray Powder Diffraction*), dan TPD (*Temperatur Programmed Desorption*) NH_3 . Aktifitas katalitik asam padat yang dihasilkan diujikan pada pembuatan biodiesel dari reaksi minyak kelapa sawit dengan metanol. Produk biodiesel yang dihasilkan di analisis sifat-sifat fisika seperti viskositas, densitas dan bilangan asam.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bahan bakar fosil yang menyebabkan polusi atau pencemaran tidak dapat diperbarui sehingga ketersediannya semakin sedikit sedangkan kebutuhan akan bahan bakar terus meningkat. Untuk itu, diperlukan bahan bakar yang terbarukan dan berkelanjutan. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan karena dapat diperbaharui dan digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.
2. Produksi biodiesel umumnya menggunakan katalis homogen yang susah dipisahkan dari produk sehingga memerlukan biaya yang tinggi. Oleh sebab itu, katalis heterogen menjadi solusi karena mudah dipisahkan dan lebih ekonomis.
3. Katalis heterogen berbasis karbon tersulfonasi dapat dikembangkan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel karena dapat di sintesis dari bahan limbah organik.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Katalis asam padat disintesis menggunakan metode sulfonasi dengan variasi waktu sulfonasi selama 2 , 4, 6, 8, dan 10 jam.
2. Karakterisasi sifat fisikokimia asam padat menggunakan FTIR, XRD dan TPD.
3. Aplikasi katalis asam padat melalui pada reaksi tranesterifikasi dan esterifikasi untuk pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit yang bersumber dari PT. Ingkasi Raya..
4. Pengujian sifat fisik biodiesel dibatasi pada uji massa jenis, viskositaas, bilangan asam.

1.4 Rumusan Masalah

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat fisikokimia dari katalis karbon tersulfonasi yang disintesis melalui sulfonasi karbon hasil kalsinasi biji alpukat?.
2. Bagaimana sifat-sifat fisika biodiesel dari reaksi minyak kelapa sawit dan metanol menggunakan katalis asam padat dari sulfonasi karbon hasil kalsinasi biji alpukat?.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis katalis asam padat dan mempelajari sifat fisikokimia berdasarkan hasil karakterisasi dengan FTIR, XRD, dan TPD-NH₃.

2. Melakukan uji aktifitas katalitis karbon tersulsonasi dalam reaksi pembuatan biodiesel dan menentukan sifat-sifat fisika biodiesel yang di hasilkan (massa jenis, viskositas, dan bilangan asam).

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi tentang sifat-sifat fisikokimia katalis karbon tersulfonasi berdasarkan hasil karakterisasi dari FTIR, XRD, dan TPD-NH₃.
2. Memberikan informasi sifat fisik (massa jenis, viskositas dan bilangan asam) produk biodiesel minyak sawit dan methanol menggunakan karbon tersulfonasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Katalis Asam Padat

Katalis adalah suatu zat yang dapat mempercepat laju reaksi menuju kesetimbangan tanpa merubah atau mempengaruhi substansi didalam reaksi. Material ini pada umumnya bergabung dengan reaktan dalam reaksi namun pada akhirnya dapat diregenerasi sehingga jumlah katalis tetap dan tidak berubah pada saat sebelum dan sesudah reaksi (Ibrahim M. Lokman, Umer Rashid, 2016). Berdasarkan fasanya katalis terbagi atas katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang berada pada fasa yang sama dengan reaktannya. Katalis ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan energi tinggi, sulit untuk dipisahkan dan membutuhkan biaya yang mahal untuk pemurnian. Sedangkan katalis heterogen adalah katalis yang berada pada fasa yang berbeda dengan reaktannya. Katalis ini mampu mengatasi permasalahan katalis homogen karena mudah dipisahkan, dapat berlangsung secara kontiniu dan dapat digunakan kembali (Zhang, & Pan, 2010).

Katalis heterogen umumnya berfasa padat sedangkan reaktan berfasa cair atau gas. Katalis heterogen terdiri dari kelompok basa padat dan asam padat. Beberapa katalis yang termasuk kelompok basa padat adalah oksida logam alkali tanah, oksida campuran, zeolit, material mesoporous, dan oxynitrida. Tetapi katalis yang paling umum digunakan dan melimpah dialam adalah CaO dan MgO (Chemistry & Li, 1977).

Katalis CaO dan MgO biasanya digunakan untuk produksi biodiesel karena ketersediaan yang melimpah dan biaya yang murah. Aktivasi kedua katalis ini tergantung pada sisi aktif pada permukaannya, karena permukaan oksida logam tersebut mudah dipengaruhi oleh penyerapan karbon dioksida dan air di udara untuk membentuk karbonat dan hidroksida (Thanh et al., 2012). Katalis CaO dan MgO mempunyai beberapa kelemahan dalam reaksi transesterifikasi karena katalis basa tidak dapat diterapkan secara langsung pada minyak atau lemak yang mengandung FFA besar, yaitu >1 wt%. Hal ini disebabkan karena interaksi FFA dengan katalis basa dapat menghasilkan sabun dan air, sehingga menyebabkan aktivitas katalis menurun (Thanh et al., 2012). Untuk menghilangkan katalis disaponifikasi secara teknis sulit dipisahkan dan membutuhkan biaya ekstra untuk produksi biodiesel (Chabukswar et al., 2013).

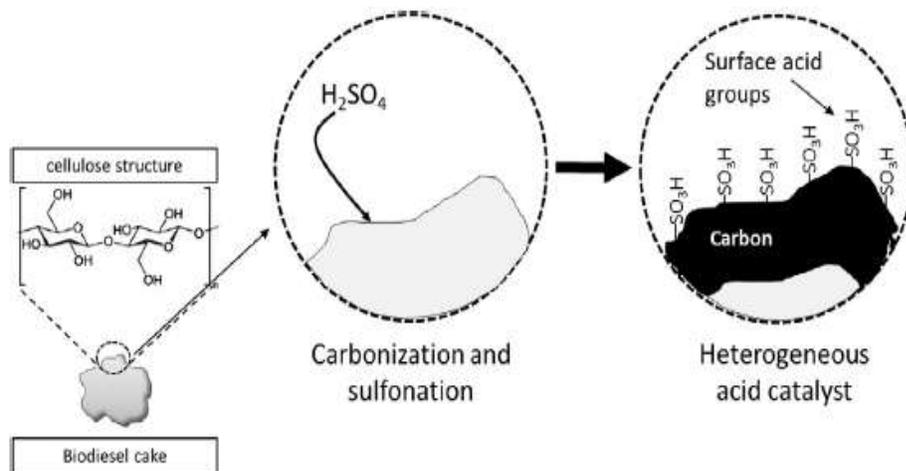
Katalis asam padat adalah katalis yang pada permukaannya memiliki pusat aktif. Katalis ini lebih cocok digunakan untuk produksi biodiesel yang mengandung FFA tinggi. Hal ini dikarenakan katalis asam padat secara efisien dapat terpisah dari produk dengan cara dekantasi atau proses sentrifugasi. Selain itu katalis asam padat juga mempunyai pusat aktif asam pada permukaannya dengan kekuatan asam berbeda yang disebabkan oleh asam bronsted atau lewis (Thanh et al., 2012). Hal ini memungkinkan proses produksi biodiesel yang ramah lingkungan, mengurangi masalah korosif dan memungkinkan proses secara berkesinambungan (Ibrahim M. Lokman, Umer Rashid, 2016).

Beberapa katalis asam padat heterogen yang telah digunakan untuk produksi biodiesel yaitu katalis asam zirconia alumina tungstated yang di aplikasikan pada minyak kedelai (Ejikeme et al., 2010). Biaya prepasi yang mahal dan langkah-langkah yang sulit dan rumit. Oleh karena itu katalis asam padat berbasis karbon yang mulai dikembangkan yang lebih menguntungkan karena biaya produksi murah, proses persiapan mudah, efektivitas yang tinggi, ramah lingkungan dan cocok untuk esterifikasi minyak yang mengandung FFA tinggi (Chin, Abdullah, & Hameed, 2012).

2.2 Sulfonasi Karbon sebagai Katalis

Sulfonasi adalah proses penambahan gugus asam ($-\text{SO}_3\text{H}$) ke dalam lembaran-lembaran karbon polisiklik aromatik yang akan menghasilkan katalis asam heterogen. Materi karbon dalam pembuatan katalis asam padat ini dapat diproduksi dari pati atau selulosa terkarbonasi, yang akan membentuk polisiklik dalam struktur tiga dimensi dengan ikatan sp^3 . Sulfonasi dari material ini akan menghasilkan padatan yang stabil dengan sisi aktif yang besar. Proses karbonasi dan sulfonasi yang baik akan menghasilkan struktur karbon yang stabil dan jumlah gugus $-\text{SO}_3\text{H}$ yang besar (Garg, Bisht, & Ling, 2014). Semakin banyak gugus $-\text{SO}_3\text{H}$ yang dapat menempel pada permukaan katalis menyebabkan aktivitas katalis semakin tinggi .

Reaksi asam sulfat pekat dengan lignoselulosa akan mendorong reaksi permukaan yang didasarkan pada dehidrasi dengan aromatik yang diikuti dengan produksi sulfonasi katalitik asam. Reaksi ini berlangsung secara sederhana seperti yang ditunjukkan gambar di bawah ini.



Gambar 2.1 Proses reaksi sulfonasi (Santos et al., 2015).

Sulfonasi karbon dari karbonisasi bahan organik seperti gula, pati atau selulosa akan menghasilkan padatan yang stabil (Ejikeme et al., 2010). Situs asam dalam katalis karbon tersulfonasi relatif stabil (Xue, Sun, Yang, Wang, & Li, 2016). Berikut beberapa contoh penelitian yang memanfaatkan karbon dari berbagai sumber untuk produksi biodiesel.

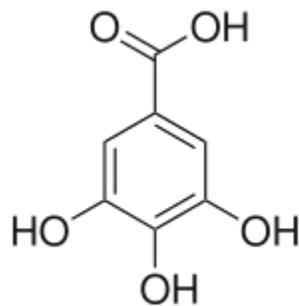
Tabel 2.1 Beberapa contoh sumber karbon

Materi	Kalsinasi		Sulfonasi		Aplikasi	Referensi
	Suhu	Waktu	Suhu	Waktu		
Ampas tebu	450	5	150	5	Biodiesel	(Chin et al., 2012)
Pati	400	12	160	12	Biodiesel	(Ibrahim M. Lokman, Umer Rashid, 2016)
Lignin	400		150		biodiesel	(Guo & Fang, n.d.)

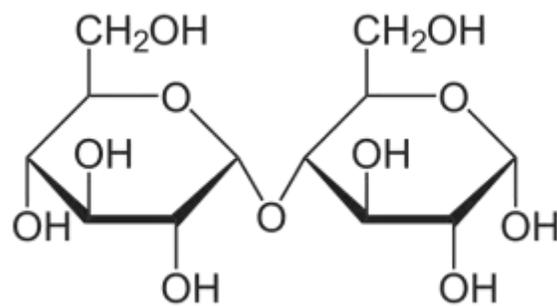
2.3 Karbonisasi Biji Alpukat

Proses karbonisasi umumnya menggunakan metode kalsinasi. Kalsinasi merupakan proses dekomposisi termal dari bahan karbon pada temperatur tinggi. Proses ini biasanya dilakukan pada suhu di bawah 800°C dalam suasana inert. Apabila suhu di atas 800°C menyebabkan pergeseran stuktur karbon dan menurunkan porositas. Hal ini menyebabkan berkurangnya kecepatan aktivitas karbon. Proses kalsinasi bertujuan untuk melakukan karbonisasi secara tidak sempurna untuk membentuk lembaran-lembaran karbon polisiklik aromatik (Wang et al., 2015).

Alpukat atau *Persea Americana pabrik* adalah buah asli Amerika tropis. Alpukat biasa dimanfaatkan untuk makanan dan tujuan pengobatan karena kandungan gizi yang tinggi. Orang-orang Meksiko memanfaatkan alpukat sebagai obat penyakit kulit, masalah rambut dan ketombe, selain itu juga digunakan sebagai obat untuk luka memar. Alpukat mengandung minyak yang cukup banyak dibandingkan buah-buahan lain. Beberapa penelitian dilaporkan memanfaatkan minyak pada biji alpukat untuk pembuatan biodiesel (Ranade & Thiagarajan, 2015). Pada biji alpukat terkandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin dan tannin. Selain itu biji alpukat juga kaya akan pati. Kandungan pati pada biji alpukat sekitar 96%.



Tannin



Pati

2.4 Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif biomassa yang disintesis melalui reaksi transesterifikasi minyak nabati atau hewani dengan rantai pendek alkohol dengan penambahan katalis (Hatefi, Mohsennia, & Niknafs, 2014). Sumber minyak nabati yang dapat dimanfaatkan seperti minyak kelapa, minyak kelapa sawit, minyak, minyak matahari dan masih banyak jenis tumbuhan yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan biodiesel (Baskar & Soumiya, 2016)

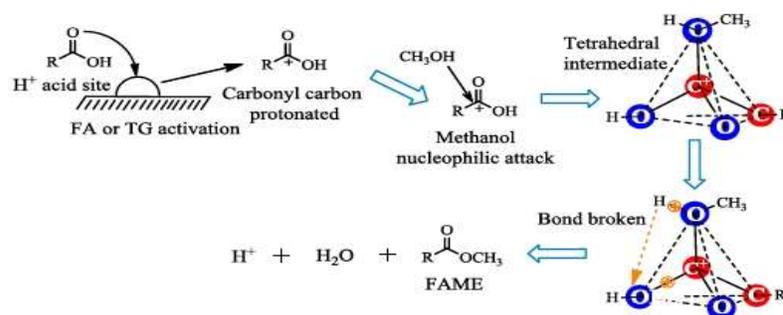
Beberapa kelebihan bahan bakar biodiesel adalah terbarukan, *biodegradable*, dan tidak beracun. Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif untuk mengurangi efek negatif dari penggunaan bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan yaitu menyebabkan pencemaran dan tidak berkelanjutan (Wang et al., 2015). Biodiesel memiliki sifat fungsional yang sama dengan diesel sehingga dapat di terapkan pada mesin diesel tanpa memodifikasi mesin. Energi yang dihasilkan biodiesel lebih besar dari energi yang dihasilkan minyak solar (Ibrahim M. Lokman, Umer Rashid, 2016).

Biodiesel dapat disintesis melalui reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis homogen atau heterogen. Katalis homogen terdiri atas asam dan basa homogen. Produksi biodiesel menggunakan katalis asam homogen menimbulkan korosi dan sulit untuk memisahkan katalis dengan produk. Memisahkan katalis dengan produk memerlukan air yang banyak dan memerlukan langkah-langkah netralisasi (Lee, Bennett, Manayil, Wilson, & Lee, 2014). Penggunaan katalis basa homogen pada pembuatan biodiesel menghasilkan produk sampingan berupa sabun

dan air. Penggunaan katalis basa terbatas hanya untuk minyak yang mengandung FFA < 0,5 wt (Diamantopoulos et al., 2015).

Penggunaan katalis heterogen dalam pembuatan biodiesel relatif lebih efektif karena dapat dengan mudah dipisahkan dengan produk dan dapat digunakan kembali. Akan tetapi katalis basa heterogen seperti CaO dan MgO mudah dipengaruhi oleh penyerapan karbon dioksida dan air di udara untuk membentuk karbonat dan hidroksida berbeda dengan katalis basa heterogen katalis asam heterogen atau lebih dikenal dengan katalis asam padat lebih ramah lingkungan dan cocok untuk minyak yang mengandung FFA tinggi (Diamantopoulos et al., 2015).

Mekanisme reaksi katalis asam padat seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Mekanisme reaksi katalitik asam padat

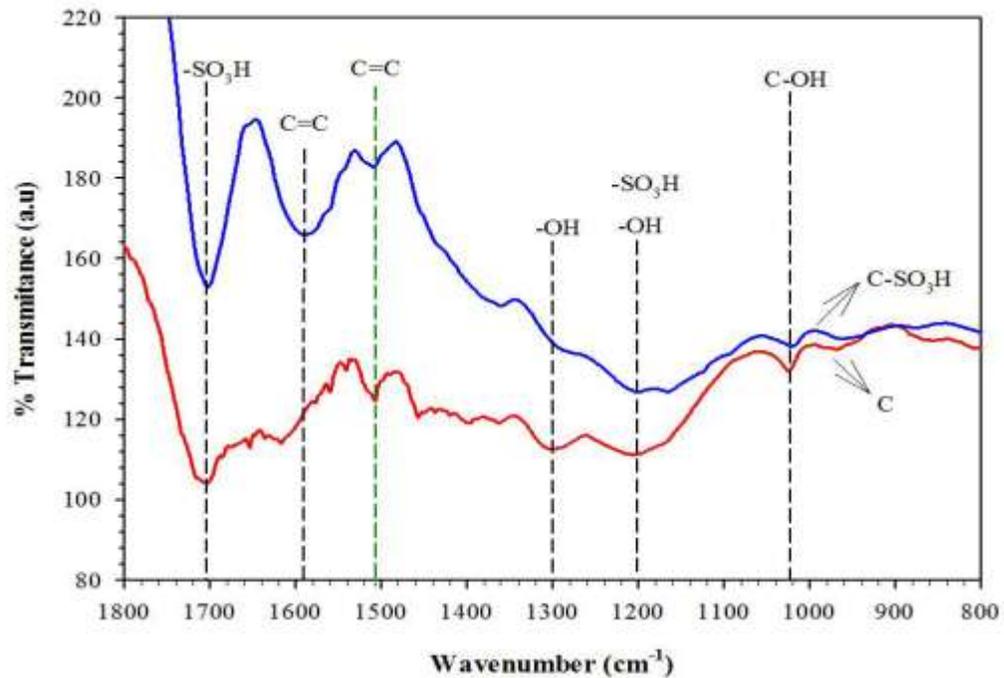
Gambar 2.2 menunjukkan bahwa karbon karbonil pertama kali diaktifkan karbon akan terprotonasi di situsasi asam. Kemudian metanol akan menyerang nukleofilik ke molekul asam lemak atau trigleserida. Ikatan tetrahedral akan terpecah untuk membentuk molekul FAME dan molekul air (Lv et al., 2017).

Biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan dan bersifat *biodegradable*. Selain itu biodiesel memiliki efisiensi pembakaran yang lebih tinggi sehingga meningkatkan proses pembakaran. Penggunaan biodiesel dapat memperpanjang hidup mesin karena biodiesel memiliki sifat pelumas yang baik (Jun & Bachelor, 2013).

2.5 Karakterisasi Katalis Asam Padat

2.5.1 FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Prinsip-prinsip FTIR bergantung pada penyerapan atau emisi sampel dengan frekuensi tertentu yang mengakibatkan pergerakan pada sampel. FTIR memberikan informasi tentang kelompok fungsional yang hadir dalam senyawa bersama dengan bentuk molekul. Spektrum IR yang muncul pada frekuensi tertentu menunjukkan kelompok gugus fungsional tertentu juga (Mueller & Marder, 2013). Kelompok sulfat tampak jelas pada panjang gelombang 1720 cm^{-1} dan 1207 cm^{-1} berdasarkan FTIR dilihat dari permukaan C-SO₃H (Gambar 2.3)



Gambar 2.3 Spektra FTIR (Iryanti, Nata, & Putra, 2017).

2.5.2 XRD (*X-ray Powder Diffraction*)

XRD adalah teknik analisis yang digunakan untuk identifikasi struktur karbon dan ukuran partikel. Hal ini didasarkan pada sinar-x monokromatik yang mengenai sampel. Difraksi sinar X memberikan informasi mengenai struktur, fase, orientasi Kristal dan parameter structural lainnya seperti ukuran butiran rata-rata, kristalinitas dan defek Kristal. (Baskar & Soumiya, 2016). Suatu Kristal yang dikenai oleh sinar-X tersebut berupa material sehingga intensitas sinar yang ditransmisikan akan lebih rendah dari intensitas sinar datang. (Hatefi et al., 2014).

2.5.3 TPD (*Temperatur Programmed Desorption*) NH₃

TPD merupakan teknik analisis yang digunakan untuk menentukan sifat-sifat katalis seperti: kekuatan keasaman dan kebasasan katalis, serta untuk menentukan jumlah situs asam ataupun basa. Karakterisasi untuk menentukan kekuatan dan jumlah situs asam pada katalis digunakan gas NH₃ sebagai adsorbatnya. Jumlah situs asam yang terdapat pada katalis ditentukan oleh jumlah molekul NH₃ yang teradsorpsi di situs asam. Kekuatan situs asam pada katalis ditentukan oleh gas NH₃ yang terdesorpsi terhadap katalis. Jika NH₃ terdesorpsi pada suhu tinggi maka semakin besar jumlah situs asam serta semakin kuat situs asam katalis tersebut (Valle-vigón, Sevilla, & Fuertes, 2012).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Katalis asam padat dari karbon tersulfonasi dari sulfonasi karbon biji alpukat hasil kalsinasi. Sifat fisiokimia dari katalis karbon tersulfonasi di konfirmasi dengan FTIR pada masing-masing karbon sesudah sulfonasi terdapat pita serapan pada panjang gelombang $1100-1200\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan SO_3H . Selanjutnya pada XRD terdapat puncak melebar pada 2θ 20-35 yang menunjukkan struktur amorf pada karbon setelah sulfonasi. Sedangkan pada TPD di dapat jumlah situs asam yang paling tinggi pada katalis karbon tersulfonasi 8 jam.
2. Katalis karbon tersulfonasi dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel. Sifat fisika biodiesel (densitas, viskositas dan bilangan asam) yang di hasilkan berbeda dengan minyak sumber dan mendekati SNI terutama densitas dan bilangan asam.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Katalis karbon tersulfonasi di aplikasikan pada minyak yang kadar FFAny tinggi.
2. Menentukan nilai band gap untuk melihat kemungkinan aplikasi katalis karbon tersulfonasi sebagai fotokatalis.

DAFTAR PUSTAKA

- Baskar, G., & Soumiya, S. (2016). Production of biodiesel from castor oil using iron (II) doped zinc oxide nanocatalyst. *Renewable Energy*, 98, 101–107.
- Chabukswar, D. D., Heer, P. K. K. S., & Gaikar, V. G. (2013). Esterification of Palm Fatty Acid Distillate Using Heterogeneous Sulfonated Microcrystalline Cellulose Catalyst and Its Comparison with H₂SO₄ Catalyzed Reaction. *Chemistry*, M. S., & Li, Z. (1977). Novel solid base catalysts for Michael additions.
- Chin, L. H., Abdullah, A. Z., & Hameed, B. H. (2012). Sugar cane bagasse as solid catalyst for synthesis of methyl esters from palm fatty acid distillate. *Chemical Engineering Journal*, 183, 104–107.
- Diamantopoulos, N., Panagiotaras, D., & Nikolopoulos, D. (2015). Thermodynamics & Catalysis Comprehensive Review on the Biodiesel Production using Solid Acid Heterogeneous Catalysts, 6(1), 1–8.
- Ejikeme, P. M., Anyaogu, I. D., Ejikeme, C. L., Nwafor, N. P., Egbuonu, C. A. C., Ukogu, K., ... Polytechnic, F. (2010). Catalysis in Biodiesel Production by Transesterification Processes-An Insight. *E-Journal of Chemistry*, 7(4), 1120–1132.
- Emrani, J., & Shahbazi, A. (2012). Biotechnology & Biomaterials A Single Bio-based Catalyst for Bio-fuel and Bio-diesel, 2(1), 1–7.
- Garg, B., Bisht, T., & Ling, Y. (2014). Graphene-Based Nanomaterials as Heterogeneous Acid Catalysts: A Comprehensive Perspective, 14582–14614.
- Guo, F., & Fang, Z. (n.d.). Biodiesel Production with Solid Catalysts.
- Hatefi, H., Mohsennia, M., & Niknafs, H. (2014). Transesterification of Corn Oil Using MgO and ZnO as Catalysts. *International Conference on Chemistry, Biomedical and Environment Engineering*, 37–41.
- Ibrahim M. Lokman, Umer Rashid, Y. H. T.-Y. (2016). *Meso- and macroporous sulfonated starch solid acid catalyst for esterification of palm fatty acid distillate. Arabian Journal of Chemistry*. King Saud University.