

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON KULIT
KACANG TANAH (*Arachis hypogaea*) TERSULFONASI
UNTUK PRODUKSI BODIESEL DARI PFAD
(*Palm Fatty Acid Distillate*)**



RIDA

NIM/TM. 18036143/2018

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON KULIT
KACANG TANAH (*Arachis hypogaea*) TERSULFONASI
UNTUK PRODUKSI BIODIESEL DARI PFAD
(*Palm Fatty Acid Distillate*)**

SKRIPSI

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



RIDA

NIM/TM.18036143/2018

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

PERSETUJUAN SKRIPSI

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON KULIT KACANG TANAH (*Arachis hypogaea*) TERSULFONASI UNTUK PRODUKSI BIODIESEL DARI PFAD (*Palm Fatty Acid Destillate*)

Nama : Rida
NIM : 18036143
Program Studi : Kimia (NK)
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Juni 2022

Mengetahui:
Kepala Departemen

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing



Budhi Oktavia, 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 : Rida
NIM : 18036143
Program Studi : Kimia (NK)
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON KULIT KACANG
TANAH (*Arachis hypogaea*) TERSULFONASI UNTUK PRODUKSI
BIODIESEL DARI PFAD (*Palm Fatty Acid Destillate*)**

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

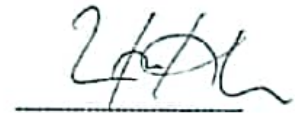
Padang, Juni 2022

Tim Penguji

Nama

Tanda tangan

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



Anggota : Dra. Sri Benti Etika, M.Si



Anggota : Ananda Putra, S.Si., M.Si., Ph.D



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rida
NIM : 18036143
Tempat/Tanggal lahir : Tapan/ 01 Mei 2000
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Sintesis Dan Karakterisasi Katalis Karbon Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*) Tersulfonasi Untuk Produksi Biodiesel Dari PFAD (*Palm Fatty Acid Destillate*)

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 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, Juni 2022
Yang menyatakan


Rida

NIM : 18036143

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Sintesis Dan Karakterisasi Katalis Karbon Kulit Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea*) Tersulfonasi Untuk Produksi Biodiesel Dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)”**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si) di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas doa, bimbingan, dorongan dan semangat kepada;

1. Bapak Umar Kalmar Nizar, M.Si, Ph.D sebagai Pembimbing Akademik dan Pembimbing Tugas Akhir yang memberikan bimbingan serta arahan selama proses pengerjaan hingga selesainya tugas akhir ini.
2. Bapak Ananda Putra S.Si., M.Si., Ph.D dan ibu Dra. Sri Benti Etika, M.Si selaku Tim Pembahas yang telah bersedia menjadi pembahas hingga selesainya tugas akhir ini
3. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai kepala Departemen Kimia FMIPA UNP
4. Kedua Orangtua dan saudara/i tercinta yang telah memberikan do'a dan dukungan serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

**Sintesis dan Karakterisasi Katalis Karbon Kulit Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea*)
Tersulfonasi untuk Produksi Biodiesel dari PFAD
(*Palm Fatty Acid Distillate*)**

Rida

ABSTRAK

Katalis karbon kulit kacang tanah tersulfonasi merupakan salah satu alternatif katalis yang digunakan dalam produksi biodiesel. Katalis ini disintesis dengan variasi suhu kalsinasi 250 °C - 400 °C dilanjutkan dengan proses sulfonasi dengan H₂SO₄. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis katalis karbon kulit kacang tanah tersulfonasi dan diaplikasikan untuk produksi biodiesel. Setelah itu, dilakukan uji aktivitas katalik dari biodiesel yang dihasilkan setelah proses esterifikasi PFAD dan metanol. Selanjutnya, uji sifat biodiesel yang disintesis, seperti uji densitas, viskositas, bilangan asam dan persen konversi. Katalis karbon kulit kacang tanah dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, dan penentuan situs asam. Hasil karakteristik FTIR adanya gugus sulfat dapat diamati pada pita serapan dengan panjang gelombang 1170.06 cm⁻¹. Pita serapan ini disebabkan oleh peregangan dari gugus O–S–O. Sedangkan untuk penentuan situs asam didapatkan situs asam yang paling tinggi pada sampel K-KT 300 °C. Katalis recycle atau (R)K-KT menunjukkan biodiesel yang dihasilkan menurun dibandingkan dengan K-KT. Hasil uji sifat fisika biodiesel menggunakan katalis karbon kulit kacang tanah tersulfonasi menunjukkan penurunan densitas, bilangan asam, dan viskositas dibandingkan PFAD yang menandakan adanya reaksi antara asam lemak bebas dengan metanol.

Kata Kunci : *Biodiesel, kulit kacang tanah, PFAD, esterifikasi*

5. Sahabat dan teman terdekat yang telah memberikan masukan serta semangat kepada penulis hingga selesainya tugas akhir ini.
6. Teman – teman kimia tahun 2017 dan 2018 yang telah memberikan masukan dan saran serta semangat sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Semoga rahmat dan kasih sayang Allah SWT selalu tercurah pada kita semua serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah di hadapan Allah SWT, Aamiin Ya Rabbal ‘Alamin. Untuk kesempurnaan dalam penyusunan skripsi ini besar harapan penulis kepada semua pihak untuk dapat memberikan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk semua pihak yang membaca. Atas masukan dan saran yang telah diberikan penulis mengucapkan terimakasih.

Padang, Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Katalis untuk Produksi Biodiesel	7
B. Katalis Karbon Tersulfonasi	8
C. Biodiesel	11
D. Sifat – Sifat Biodiesel	13
E. PFAD	14
F. Kulit Kacang Tanah	15
G. Karakterisasi Katalis	16
BAB III METODE PENELITIAN	19

A. Waktu dan Tempat Penelitian	19
B. Objek Penelitian	19
C. Variabel Penelitian	19
D. Alat dan Bahan	20
E. Prosedur Kerja	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
A. Sifat Fisikokimia Katalis Karbon Kulit Kacang Tanah Tersulfonasi	26
B. Sifat Biodiesel	32
C. Aktivitas Katalitik Recycle Katalis Kulit Kacang Tanah Tersulfonasi	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
A. Kesimpulan	41
B. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sumber Katalis Karbon Tersulfonasi	10
Tabel 2. SNI Biodiesel	13
Tabel 3. Kode Sampel	21
Tabel 4. Situs aktif karbon dan katalis kulit kacang tanah.....	30
Tabel 5. Uji sifat biodiesel	30
Tabel 6. Uji sifat biodiesel tanpa katalis	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram skematik lembar karbon polisiklik amorf.....	9
Gambar 2. Reaksi Esterifikasi.....	12
Gambar 3. Reaksi Tranesterifikasi.....	12
Gambar 4. Pembuatan biodiesel pada konversi penuh reaksi keseluruhan.....	13
Gambar 5. Kulit Kacang Tanah	16
Gambar 6. Spektrum FT-IR	17
Gambar 7. XRD	18
Gambar 8. FTIR C-KT	27
Gambar 9. FTIR K-KT.....	27
Gambar 10. Pola XRD dari C-KKT dan K-KKT.....	29
Gambar 11. Situs aktif katalis dan karbon kulit kacang tanah tersulfonasi	31
Gambar 12. %Konversi biodiesel K-KKT	34
Gambar 13. a) Densitas, b) Bilangan Asam, c) Laju Alir, d) % Konversi.....	34
Gambar 14. Uji sifat biodiesel tanpa katalis	34
Gambar 15. a) Situs asam (R)K-KT, b) Densitas (R)K-KT c) Laju alir (R)K-KT d) Bilangan Asam (R)K-KT e) %konversi biodiesel (R)K-KT.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram Alir Peneitian.....	48
Lampiran 2. Perhitungan.....	54
Lampiran 3 Data Penelitian.....	65
Lampiran 4 Dokumentasi	71

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertumbuhan industri yang semakin cepat mengakibatkan peningkatan permintaan produksi bahan bakar. Bahan bakar yang umum digunakan yaitu minyak bumi, batu bara dan gas alam. Bahan bakar ini biasanya disebut dengan sumber energi konvensional. Sumber energi konvensional ini merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui dan salah satu penyebab pemanasan global yang dapat merusak lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan energi alternatif pengganti energi konvensional yang lebih ramah lingkungan, seperti biofuels (Sahar et al., 2018).

Biofuels adalah bahan bakar dalam bentuk cair atau gas yang berasal dari biomassa. Pemanfaatan bahan bakar ini digunakan untuk mesin pembakaran internal seperti mobil, generator, kapal dan pesawat terbang. Biofuel dapat diolah dari limbah yang terdapat secara bebas di alam (biodiesel, bioetanol, biogas dan lain – lain). Permintaan produksi biofuel akan meningkat dari tahun ke tahun dikarenakan penurunan cadangan bahan bakar fosil. Salah satu biofuels yang menjanjikan untuk dikembangkan di Indonesia adalah biodiesel (Mansir et al., 2017).

Biodiesel adalah monoalkil ester dari asam lemak rantai panjang yang berasal dari lemak nabati dan hewani. Keuntungan dari penggunaan biodiesel adalah ramah lingkungan karena mengurangi emisi CO₂, ketersediaan bahan baku, biodegradabel, dan sifat fisikokimia yang mirip dengan bahan bakar konvensional (Abdul Kapor et al., 2017). Biodiesel dapat diperoleh dari reaksi

esterifikasi atau reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi yang berlangsung antara trigliserida dari minyak nabati dan metanol, sedangkan reaksi esterifikasi adalah reaksi yang terjadi antara asam lemak bebas dengan methanol (Lokman et al., 2016). Salah satu limbah yang mengandung asam lemak bebas yang tinggi adalah limbah PFAD.

Limbah PFAD(*Palm Fatty Acid Destillate*) merupakan produk sampingan dari hasil penyulingan minyak sawit mentah. Biasanya PFAD digunakan sebagai sumber asam lemak pada bidang industri. Komposisi kimiawi PFAD adalah sekitar 85% berat asam lemak bebas (FFA), 10% trigliserida dan sejumlah kecil sterol, vitamin E dan squalene (Akinfalabi et al. 2020). Tingginya kadar asam lemak dalam PFAD menjadikannya potensial digunakan sebagai bahan baku untuk produksi biodiesel. Pada proses produksi biodiesel, reaksi berjalan lambat sehingga diperlukan katalis untuk mempercepat laju reaksi. Katalis yang direkomendasikan untuk mengkonversi PFAD menjadi biodiesel adalah katalis asam padat (Kefas et al., 2019)

Katalis merupakan material yang penting dalam proses kimia, katalis dapat mempercepat laju reaksi dengan menurunkan energi aktivasi (Dumbre & Choudhary, 2020). Secara umum katalis dibedakan atas 2 kelompok yaitu homogen dan heterogen, katalis heterogen lebih menguntungkan karena mudah dipisahkan. Katalis heterogen juga dibagi menjadi 2 yaitu katalis heterogen asam dan katalis heterogen basa. Katalis heterogen asam cocok digunakan untuk produksi biodiesel yang mengandung FFA tinggi seperti PFAD (Talha & Sulaiman, 2016). Hal ini disebabkan aktifitas katalitik katalis tersebut tidak dipengaruhi oleh FFA. Jika digunakan katalis basa

kemungkinan ada produk samping yang dihasilkan selain produksi biodiesel yaitu sabun.

Salah satu katalis heterogen asam yang potensial dikembangkan adalah katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi. Katalis ini dapat disintesis dari proses karbonisasi dan sulfonasi berbagai bahan limbah organik dari sumber karbon yang mengandung glukosa, pati, lignin dan selulosa seperti bambu, tandan kelapa dan kulit kacang tanah(Wang et al., 2013).

Salah satu limbah organik alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon dalam sintesis katalis karbon tersulfonasi yaitu kulit kacang tanah. Kulit kacang tanah mengandung selulosa yang berasal dari dinding sel kulit kacang tanah (Oktasari. 2018). Data kementerian pertanian (2012) menunjukkan bahwa pada tahun 2008 – 2012 produktivitas kacang tanah berada pada kisaran angka 691.289- 770.054 ton. Dilihat angka produktivitas tersebut dapat disimpulkan bahwa limbah kulit kacang tanah juga berpotensi dikembangkan selain biji dari kacang tanah.(Lubis et al., 2016).

Telah dilakukan beberapa penelitian tentang sumber karbon dari kulit kacang tanah yaitusebagai adsorben, aktivasi dilakukan dengan cara mereaksikan kulit kacang tanah dengan H_3PO_4 dan KOH dengan tujuan untuk meningkatkan efektivitas dan kapasitas adsorpsi. Hasil karakterisasi adsorben dengan spektrofotometer FT-IR menunjukkan munculnya puncak pada daerah serapan 3410 dan 2901 cm^{-1} yang mengindikasikan keberadaan gugus O-H dan C-H alifatik yang merupakan kerangka pembangunan struktur selulosa (Oktasari. 2018).

Zhao et al.,(2010) melaporkan kulit kacang tanah telah disintesis sebagai katalis digunakan untuk esterifikasi gliserol dengan isobutanol untuk menghasilkan aditif oksigenat menggunakan katalis kulit kacang tersulfonasi. Katalis asam padat berbasis karbon dibuat dengan sulfonasi kulit kacang yang terkarbonisasi sebagian.

Zeng et al., (2014) melaporkan penggunaan kulit kacang tanah sebagai sumber karbon tersulfonasi sebagian dengan metode kalsinasi dan sulfonasi dengan menggunakan H_2SO_4 dibawah aliran N_2 . Akan tetapi belum ada penelitian yang mengkaji pemanfaatan katalis karbon kulit kacang tanah tersulfonasi tanpa menggunakan aliran N_2 untuk produksi biodiesel dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*).

Berdasarkan uraian diatas maka akan dilakukan sintesis biodiesel dengan katalis karbon tersulfonasi dari kulit kacang tanah dengan kalsinasi tanpa N_2 dengan PFAD sebagai bahan baku produksi biodiesel. Dilanjutkan dengan sulfonasi menggunakan H_2SO_4 . Katalis dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD. Biodiesel yang dihasilkan akan dilakukan uji densitas, viskositas, bilangan asam dan persen konversi.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Penggunaan bahan bakar fosil yang meningkat dan permasalahan yang terjadi 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 bebas.
3. *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) atau distilat asam lemak sawit memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku dalam produksi biodiesel dengan bantuan katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi.
4. Kulit kacang tanah mengandung selulosayang berpotensi digunakan sebagai katalis karbon tersulfonasi untuk produksi biodiesel.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Katalis karbon kulit kacang tanah tersulfonasi disintesis berdasarkan penelitian sebelumnya dengan variasi suhu kalsinasi (250°C, 300°C, 350°C, dan 400°C) dilanjutkan proses sulfonasi dengan mencampurkan karbon dan H₂SO₄ pada suhu 160°C selama 4 jam.
2. Karakterisasi karbon dan kataliskarbon kulit kacang tanah tersulfonasi dilakukan dengan menggunakan instrumen FTIR, XRD, dan penentuan situs asam.
3. Aplikasi katalis karbon kulit kacang tanah tersulfonasi melalui reaksi esterifikasi untuk produksi biodiesel dari PFAD dan metanol.
4. Karakterisasi katalis yang dihasilkan(*Yield* FAME)dengan menggunakan instrumen FTIR, XRD dan penentuan situs asam.
5. Pengujian sifat-sifat biodiesel dibatasi pada uji densitas, viskositas, bilangan asam, dan persen konversi FFA.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat fisikokimia dari katalis karbon kulit kacang tanah yang telah disintesis dengan metode kalsinasi dan sulfonasi menggunakan H_2SO_4 ?
2. Bagaimana aktivitas katalitik karbon kulit kacang tanah tersulfonasi dalam mengkonversi PFAD menjadi biodiesel ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan sifat fisikokimia dari katalis karbon kulit kacang tanah yang telah disintesis dengan metode kalsinasi dan sulfonasi menggunakan H_2SO_4 .
2. Menentukan beberapa sifat-sifat biodiesel yang diperoleh melalui reaksi esterifikasi antara PFAD dan metanol dengan menggunakan katalis karbon kulit kacang tanah tersulfonasi.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai sifat fisikokimia dari katalis karbon kulit kacang tanah yang telah disintesis dengan metode kalsinasi dan sulfonasi menggunakan H_2SO_4 .
2. Memberikan informasi mengenai beberapa sifat-sifat biodiesel yang diperoleh melalui reaksi esterifikasi antara PFAD dan metanol dengan menggunakan katalis karbon kulit kacang tanah tersulfonasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Katalis untuk Produksi Biodiesel

Katalis adalah senyawa kimia yang berfungsi untuk mempercepat reaksi pada suhu dan waktu tertentu untuk mencapai kesetimbangan dan akan kembali ke bentuk semula pada akhir reaksi (Yusuff & Owolabi, 2019). Pada kenyataannya katalis bercampur dengan pereaksi selama terjadi reaksi. Akan tetapi akhirnya akan berpisah kembali sehingga jumlah katalis sebelum dan sesudah reaksi tetap (Lokman et al., 2016). Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi atau esterifikasi yang terjadi antara minyak nabati atau hewani dengan alkohol rantai pendek (methanol dan etanol) (García-Martín et al., 2018). Pada umumnya reaksi transesterifikasi dan reaksi esterifikasi merupakan reaksi kesetimbangan yang berlangsung lambat sehingga dibutuhkan katalis untuk mempercepat terbentuknya produk (Syazwani et al., 2019).

Dalam memproduksi biodiesel katalis dapat dibedakan berdasarkan fasanya yaitu katalis homogen, katalis heterogen dan katalis enzimatik. Katalis enzimatik kurang diminati karena dalam memproduksi enzim tersebut membutuhkan biaya yang mahal dan waktu reaksi yang lama. Katalis homogen dibagi menjadi katalis asam cair dan katalis basa cair, sedangkan katalis heterogen dibagi menjadi asam padat dan basa padat (Talha & Sulaiman, 2016).

Katalis asam dan basa homogen dalam produksi biodiesel memiliki kekurangan yaitu pada katalis asam cair seperti seperti H_2SO_4 bersifat korosif

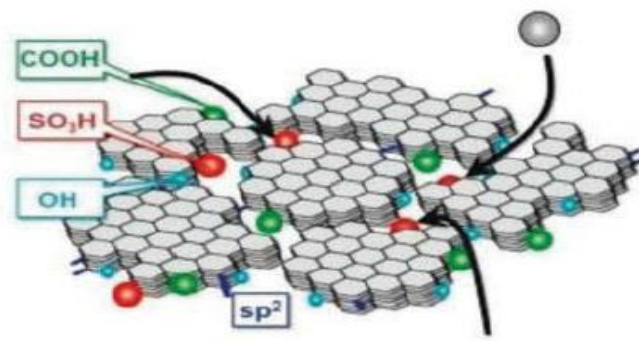
yang mana sulit untuk dipisahkan karena memiliki fasa yang sama dengan fasa campuran reaksi. Sedangkan untuk katalis basa cair ketika direaksikan dengan minyak yang mengandung air dan asam lemak seperti sawit, minyak kedelai akan menghasilkan sabun (C. L. Chiang et al., 2020).

Katalis asam dan basa heterogen memiliki kelebihan yaitu biaya yang tidak mahal, tidak beracun, tidak korosif dan bisa digunakan kembali untuk proses berkelanjutan serta mengurangi biaya pemurnian. Katalis heterogen memiliki perbedaan fasa dengan reaktan dan produk sehingga mudah dipisahkan (Li & Liang, 2017). Katalis basa padat berasal dari kelompok oksida alkali tanah (CaO, MgO) dan kelompok oksida logam transisi (ZnO). Katalis asam padat dapat diperoleh dari asam alamiah katalis (Zeolite), oksida logam tersulfonasi ($\text{ZnO}/\text{SO}_4^{4-}$) dan karbon tersulfonasi (Flores et al., 2019).

Katalis asam padat memiliki beberapa kelebihan diantaranya pemisahan lebih mudah, nonkorosif, tidak beracun dan ramah lingkungan. Selain itu katalis asam padat dapat mengkatalis reaksi esterifikasi dan transesterifikasi secara bersamaan sehingga cocok digunakan pada minyak yang mempunyai nilai asam lemak bebas yang tinggi (Flores et al., 2019).

B. Katalis Karbon Tersulfonasi

Karbonasi dapat dilakukan dengan proses kalsinasi. Kalsinasi merupakan proses penguraian atau pemanasan pada suhu tinggi dengan adanya udara maupun tanpa udara atau dengan aliran gas N_2 dan tanpa adanya gas N_2 . Sulfonasi adalah proses substitusi gugus sulfonat (HSO_3) pada karbon polisiklik aromatik (Lokman, Rashid, Yunus, & Taufiq-Yap, 2014).



Gambar 1. Diagram skematik lembar karbon polisiklik amorf dengan COOH , HSO_3 dan OH terikat pada prekursor karbon (Lokman, Rashid, Yunus, & Taufiq-Yap, 2014)

Proses kalsinasi dengan adanya aliran gas N_2 tidak perlu dengan laju aliran yang tinggi karena akan menyebabkan jumlah zat terbang. Sedangkan tanpa gas N_2 tidak bisa pada suhu tinggi karena dapat menutupi pori – pori oleh gas produk volatil yang dihasilkan (Julius, 2015).

Sulfonasi adalah proses penambahan gugus asam sulfonat (SO_3H) ke dalam lembaran-lembaran karbon polisiklik aromatik (Garg et al., 2014). Material karbon yang mengandung gugus asam sulfonat (SO_3H) dianggap sebagai katalis asam padat yang baik. Sulfonasi dengan asam sulfat dilakukan untuk memperkenalkan gugus asam sulfonat (SO_3H) ke dalam cincin polisiklik aromatik melalui ikatan kovalen dengan cara menggantikan hidrogen dalam ikatan pada struktur katalis (W.Y.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).

Beberapa sumber katalis karbon tersulfonasi lainnya antara lain :

Tabel 1. Sumber Katalis Karbon Tersulfonasi

No	Sumber Karbon	Metode	Aplikasi	Hasil	Referensi
1.	Kulit kacang tanah	- Kalsinasi selama 15 jam pada suhu 500 °C dibawah aliran N₂ - Sulfonasi pada suhu 200 °C dengan H₂SO₄ selama 10 jam.	Katalis tersulfonasi	Uji reaksi katalitik menunjukkan bahwa katalis asam padat ini menunjukkan aktivitas tinggi dalam reaksi produksi biodiesel (tingkat konversi 90,2%).	(Zeng et al., 2014)
2.	Bambu	- Karbonisasi pada suhu 500°C - Sulfonasi menggunakan asam klorosulfonat pekat pada 70°C.	Esterifikasi distilate asam lemak sawit untuk produksi biodiesel dikatalisis oleh sintesis katalis sulfonasi	Mengubah lebih dari 90% PFAD menjadi biodiesel. Kondisi optimal pada suhu 65°C selama 1 jam, massa katalis terhadap minyak 4% dan rasio molar metanol terhadap minyak 15:1.	(Akinfa labi et al., 2019)
3.	Tandan Kelapa sawit	- Karbonisasi dengan aliran N₂ pada suhu 700°C dan 400°C selama 2 jam - Sulfonasi dengan HSO₃Cl pada suhu 70°C.	Sintesis katalis asam padat karbonat dari tandan kosong untuk esterifikasi PFAD.	Dihasilkan persentase katalis sebesar 98,6%.	(N.A. Ibrahim , Rashid, Taufiq-Yap, et al., 2019)

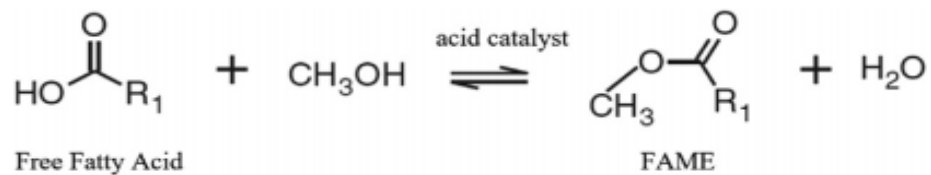
C. Biodiesel

Biodiesel merupakan sumber energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar minyak konvensional, yang terdiri dari mono alkil ester rantai panjang dari lemak hewani atau minyak nabati (Mardhiah et al., 2017). Biodiesel memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar konvensional lainnya, seperti toksisitas rendah, kandungan oksigen tinggi (10-11%) yang akan memberikan efisiensi pada pembakaran dan biodegradable (Tan et al., 2019). Sedangkan kelemahan dari bahan bakar konvensional, seperti sumber energi tidak terbarukan dan menyebabkan pemanasan global akibat emisi dari gas karbon dioksida (Chung et al., 2019).

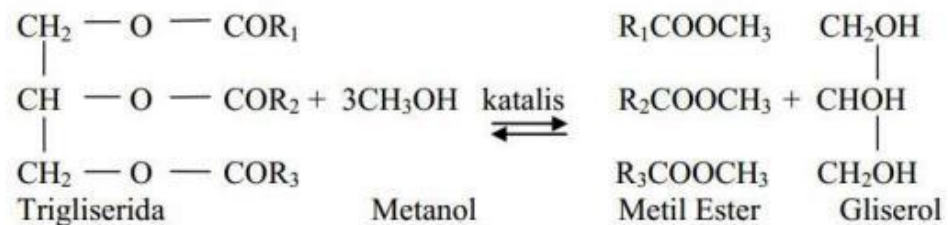
Biodiesel terdiri dari alkil ester yang berasal dari transesterifikasi trigliserida (TG) dengan lemak dan minyak atau esterifikasi asam lemak bebas ((*Free Fatty Acid*) dengan alkohol rantai pendek (do Nascimento et al., 2011). Reaksi transesterifikasi didefinisikan sebagai reaksi lemak dan minyak dengan alkohol untuk membentuk ester dengan adanya katalis dan gliserol (Talha & Sulaiman, 2016). Reaksi esterifikasi merupakan transformasi asam lemak bebas menjadi biodiesel dengan bantuan alkohol rantai pendek serta katalis (Roman et al., 2019). Salah satu bahan baku murah dan menjanjikan yang dapat digunakan untuk produksi biodiesel yaitu *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD). PFAD adalah produk samping dari proses penggilingan minyak sawit dan dianggap sebagai minyak berkualitas rendah yang mengandung asam lemak (Hidayat et al., 2015).

Reaksi transesterifikasi dan esterifikasi merupakan reaksi reversibel yang berlangsung lambat. Diperlukan proses pengadukan yang baik untuk

mempercepat jalannya reaksi dan meningkatkan hasil reaksi, serta perlu adanya penambahan katalis dan reaktan agar reaksi bergeser ke kanan (Roman et al., 2019). Berikut menunjukkan persamaan kimia umum dari reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi :

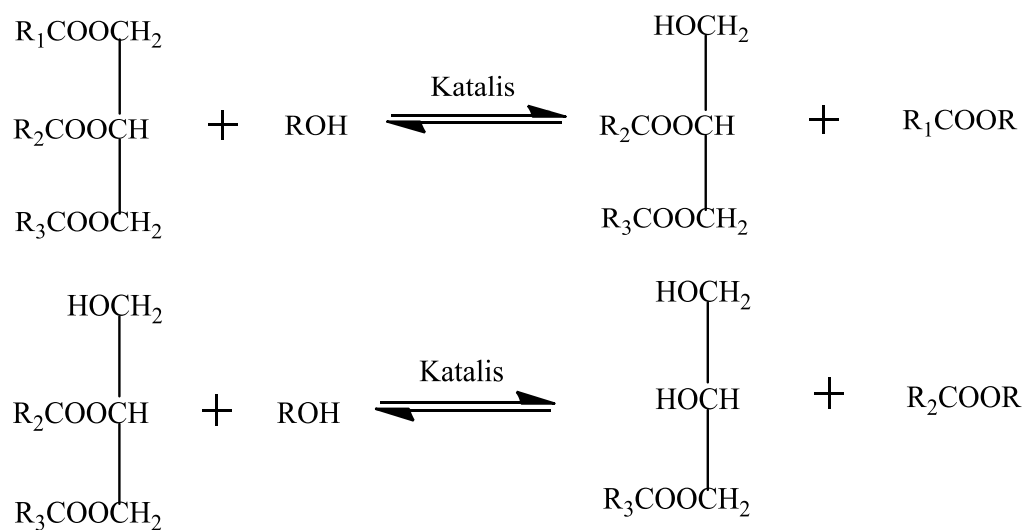


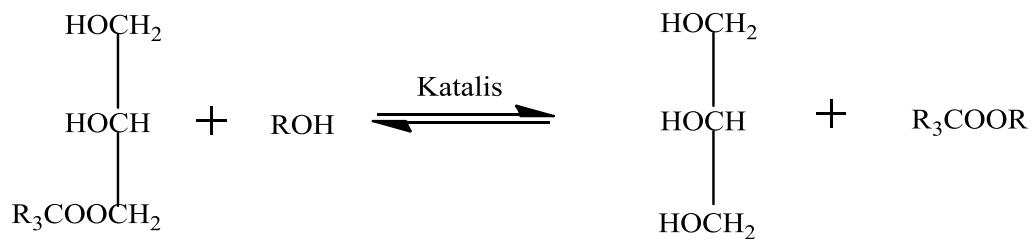
Gambar 2. Reaksi Esterifikasi (Sangar et al., 2019)



Gambar 3. Reaksi Transesterifikasi (Knothe & Razon, 2017)

Keseluruhan proses untuk sintesis biodiesel terjadi dalam tiga tahap yang dikendalikan oleh kesetimbangan kimia, dengan pembentukan perantara digliserida dan monogliserida, seperti pada gambar 4 (Board, 2019).





Gambar 4. Pembuatan biodiesel pada konversi penuh reaksi keseluruhan (Board, 2019)

D. Sifat – Sifat Biodiesel

Standar dan mutu bahan bakar nabati (biofuel) jenis biodiesel sebagai bahan bakar yang dipasarkan didalam negeri.

Tabel 2. SNI Biodiesel

No.	Parameter Uji	Metode Uji	Persyaratan	Satuan
1.	Densitas	SNI 7182:2015	850-890	kg3/m
2.	Viskositas kinematik pada 40°C	SNI 7182:2015	2,3-6,0	mm2/s (cSt)
3.	Angka asam	SNI 7182:2015	0,5	mg KOH/g, maks
4.	Kadar ester metil	SNI 7182:2015	96,5	% massa, min

1. Viskositas

Viskositas adalah pengukuran hambatan aliran suatu cairan. Uji viskositas dilakukan untuk menyelidiki perilaku aliran suatu bahan baku dan sampel biodiesel pada suhu tertentu (Ishola et al. 2020).

2. Bilangan asam

Bilangan asam merupakan jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam suatu sampel berupa bahan bakar. Asam lemak bebas adalah monokarboksilat jenuh atau tak jenuh yang terbentuk dalam suatu minyak atau lemak. Jumlah asam lemak yang menentukan tingginya bilangan asam. Dari bilangan asam tersebut juga dapat kita peroleh persen konversi

biodiesel yang dihasilkan dalam sintesis biodiesel. Bilangan asam dalam suatu bahan bakar tidak boleh terlalu tinggi, karena dapat mengakibatkan korosi pada mesin(Atabani et al., 2012).

3. Densitas

Densitas merupakan nilai kalori dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel persatuan volume bahan bakar. Semakin ringan bahan bakar maka semakin ringan pula densitas bahan bakar tersebut, begitupun sebaliknya. Standar densitas dari biodiesel dari PFAD adalah 860 kg/m^3 yang akan menghasilkan pembakaran sempurna. Jika biodiesel memiliki densitas melebihi standar maka akan terjadi pembakaran tidak sempurna(Akinfalabi et al., 2019).

Densitas terkait dengan nilai dan energi termal yang diproduksi oleh mesin diesel per satuan volume. Semakin kecil bahan bakar maka akan semakin rendah densitasnya dan sebaliknya, semakin besar bahan bakar maka akan semakin tinggi densitas. Dari kebanyakan studi sifat-sifat biodiesel yang dihasilkan berada dalam kisaran rentang standar yang ditetapkan. Berdasarkan SNI 7182:2015 standar densitas biodiesel yaitu kisaran $850-890 \text{ kg/m}^3$ (Wibowo et al., 2019).

E. PFAD

PFAD (*Palm Fatty Acid Destillate*) adalah produk sampingan yang tidak diinginkan dari proses pemurnian minyak sawit mentah setelah pengupasan asam lemak dan penghilangan bau. PFAD merupakan bahan baku yang menjanjikan untuk produksi biodiesel dan lebih murah daripada minyak nabati karena tidak dapat dikonsumsi. Kandungan PFAD seperti FFA sekitar 85%,

trigliserida 10%, sterol, vitamin E dan squalene (N. A. Ibrahim, Rashid, Taufiq-Yap, et al., 2019).

F. Kulit Kacang Tanah

Kacang tanah merupakan salah satu makanan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Salah satu tanaman yang sangat disukai masyarakat Indonesia tersebut sering dikonsumsi baik secara langsung maupun diolah menjadi bahan makanan atau minuman yang bernilai ekonomi tinggi. Kacang tanah merupakan salah satu tumbuhan yang dapat tumbuh subur di Indonesia, mudah ditemui, dan berharga ekonomis. Produksi pangan yang dapat dibuat dari kacang tanah yaitu kacang rebus, kacang goreng, kacang atom, sampai dengan minyak dan tempe kacang (Badan Litbang Pertanian, 2012). Salah satu bagian dari kacang tanah yang belum banyak dimanfaatkan adalah kulitnya, saat ini kulit kacang tanah digunakan untuk bahan bakar dan sebagian besar hanya menjadi sampah. Kulit kacang tanah mengandung selulosa (65,7%), karbohidrat (21,2%), protein (7,3%), mineral (4,5%), dan lemak (1,2%). Kandungan selulosa yang tinggi pada kulit kacang tanah dapat dijadikan alternatif dalam pembuatan arang atau karbon aktif (Setyawan et al., 2018).

Kulit kacang tanah mengandung selulosa yang berasal dari dinding sel kulit kacang tanah (Oktasari. 2018) sehingga dapat dijadikan sumber karbon untuk menghasilkan katalis karbon tersulfonasi. Kulit kacang tanah merupakan limbah biomassa yang berpotensi sebagai bahan energi alternatif. Berdasarkan data kementerian pertanian (2012), pada tahun 2008 – 2012 produktivitas kacang tanah berada pada kisaran angka 691.289 - 770.054 ton.

Dilihat dari angka produktivitas tersebut dapat disimpulkan bahwa limbah kulit kacang tanah sangat berpotensi besar karena selama ini hanya biji dari kacang tanah yang dimanfaatkan (Alfian et al. 2012).

Sebagai produk sampingan pertanian dengan biaya rendah dan pasokan yang cukup, kulit kacang tanah merupakan sumber yang sangat baik untuk membuat katalis asam padat berkualitas tinggi (Zeng et al., 2014).

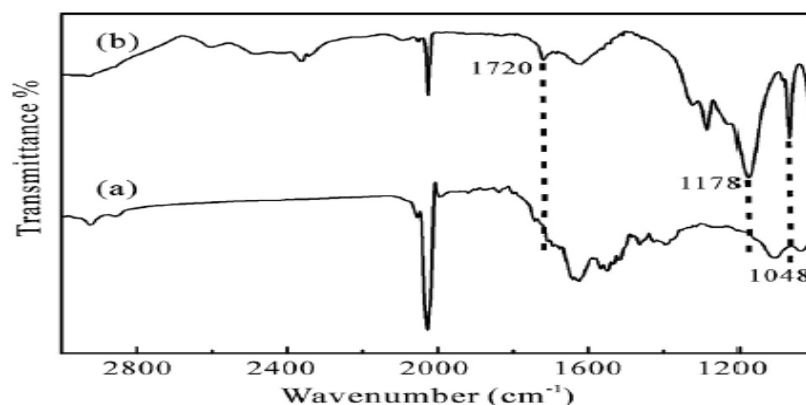


Gambar 5. Kulit Kacang Tanah

G. Karaktersasi Katalis

1. FTIR (*Fourier Transform InfraRed*)

Spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi yang ada dalam katalis (Akinfalabi et al., 2019). Keberadaan gugus fungsi dalam katalis dianalisa menggunakan FTIR. Prinsipnya didasarkan pada getaran atom-atom suatu molekul, yang menghasilkan spektrum IR khas yang diperoleh dengan mengirimkan sinar IR melalui sampel dan menentukan gugus apa dari berkas ini yang diserap pada energi tertentu. Pola absorbansi yang diserap oleh tiap-tiap senyawa berbeda-beda, sehingga senyawa-senyawa dapat dibedakan dan dikualifikasikan (Akinfalabi et al., 2019).



Gambar 6. Spektrum FT-IR dari (a) karbon kulit kacang tanah dan (b) asam padat

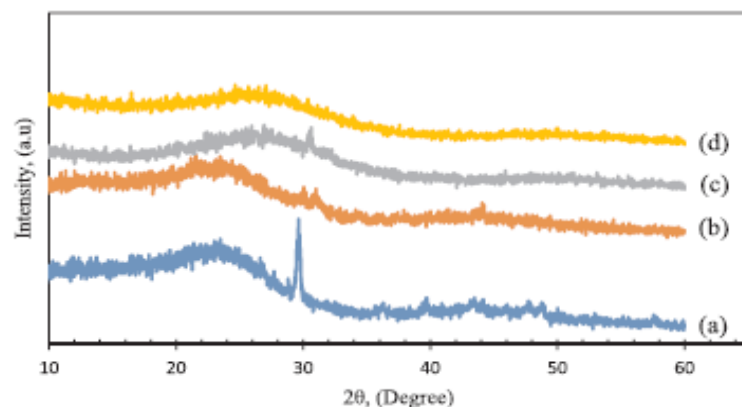
Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, dua pita pada 1048 dan 1178 cm^{-1} dalam spektrum asam padat kulit kacang dapat diberikan masing-masing untuk mode peregangan asimetris dan simetri SO_2 . Hasil FT-IR menggambarkan bahwa gugus asam sulfonat terbentuk pada permukaan asam padat. Pita pada 1720 cm^{-1} dapat dikaitkan dengan mode peregangan $\text{C}=\text{O}$ dari gugus $-\text{COOH}$. Gugus COOH dan SO_3H hadir sebagai gugus fungsi pada permukaan asam padat (Zeng et al., 2014).

2. XRD

XRD adalah karakterisasi yang didasari pada hamburan sinar X oleh elektron dari suatu atom penyusun kristal. Interferensi konstruktif dari sinar X yang tersebar mewakili berkas difraksi, yang berperilaku sebagai refleksi spekulat dari bidang atom biasa dalam Kristal. Ukuran ideal refleksi berkisar 10^{-5} – 10^{-7} m dan jika ukuran Kristal lebih kecil dari sekitar 10^{-8} m, kristalit terlalu kecil untuk difraksi (Majuste et al., 2013). XRD menggunakan rentang pindaian theta dari 2° – 60° dan panjang gelombang 1,5 Amstrong pada suhu sekitar (Akinfalabi et al., 2019).

Dengan menggunakan XRD dapat dilihat pada Gambar 7 yaitu luas dan puncak yang lemah pada $2\theta = 10^\circ - 30^\circ$ dan $2\theta = 40^\circ - 50^\circ$ yang

mana menghubungkan secara berurutan C (002) dan C (101). Pada puncak yang berkisar pada $2\theta = 10^\circ - 30^\circ$ memiliki karbon yang bersifat amorphous dari karbon aromatik. Struktur karbon amorf merupakan struktur dari karbon yang tidak beraturan dan struktur karbon grafit menandakan struktur karbon yang teratur. Karbon a dan b pada Gambar 7 memperlihatkan kondisi karbon sebelum sulfonasi, kemudian pada c dan d terlihat perubahan dengan menghilangnya puncak grafit yang menandakan karbonisasi tetap berlanjut setelah sulfonasi.



Gambar 7. XRD dari karbon (a) cangkang sawit, (b) bambu, (c) cangkang sawit tersulfonasi, dan (d) bambu tersulfonasi (Akinfalabi et al., 2019)

3. Situs Asam

Efisiensi produksi katalitik biofuel dapat ditentukan berdasarkan sifat dan jumlah situs asam (asam Bronsted atau Lewis). Oleh karena itu, katalis asam dapat digunakan untuk sintesis biodiesel dari minyak berkadar rendah, sangat asam, dan mengandung air (Parangi & Mishra, 2020). Situs asam pada permukaan katalis asam padat ditentukan dengan menggunakan metode titrasi (F. L. Pua et al., 2011).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kulit kacang tanah dapat dijadikan sebagai sumber karbon dalam sintesis katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi. Sintesis diawali dengan proses kalsinasi pada suhu 250-400 °C dan dilanjutkan dengan proses sulfonasi, sifat fisikokimia katalis menunjukkan bahwa gugus sulfonat yang tersubstitusi pada permukaan karbon pada panjang gelombang 1170.06 cm⁻¹.
2. Struktur katalis kulit kacang tanah tersulfonasi yang dihasilkan adalah amorf dengan situs asam tertinggi pada K-KT 300 °C Sebesar 0.0732
3. Aplikasi katalis dengan variasi suhu kalsinasi pada esterifikasi PFAD menunjukkan aktifitas katalitik tertinggi pada katalis dengan suhu kalsinasi 300 °C dengan % konversi sebesar 76.3666%
4. Densitas,viskositas dan bilangan asam biodiesel mengalami penurunan dibandingkan PFAD

B. Saran

Diharapkan pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melanjutkan penelitian terkait beberapa variasi sulfonasi dengan mendapatkan hasil yang sesuai dengan standar yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kapur, N. Z., Maniam, G. P., Rahim, M. H. A., & Yusoff, M. M. (2017). Palm fatty acid distillate as a potential source for biodiesel production-a review. *Journal of Cleaner Production*, 143, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.163>
- Akinfalabi, S. I., Rashid, U., Choong Shean, T. Y., Nehdi, I. A., Sbihi, H. M., & Gewik, M. M. (2019). Esterification of palm fatty acid distillate for biodiesel production catalyzed by synthesized kenaf seed cake-based sulfonated catalyst. *Catalysts*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/catal9050482>
- Akinfalabi, S. I. *et al.*. 2020. Synthesis of reusable biobased nano-catalyst from waste sugarcane bagasse for biodiesel production, *Environmental Technology and Innovation*. Elsevier B.V., 18, p. 100788. doi: 10.1016/j.eti.2020.100788.
- Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Badruddin, I. A., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., & Mekhilef, S. (2012). A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2070–2093. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.003>
- Bastos, R. R. C., da Luz Corrêa, A. P., da Luz, P. T. S., da Rocha Filho, G. N., Zamian, J. R., & da Conceição, L. R. V. 2020. Optimization of biodiesel production using sulfonated carbon-based catalyst from an amazon agro-industrial waste. *Energy Conversion and Management*, 205(December 2019), 112457. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112457>
- Board, N. B. (2019). 9.1 Introduction. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63876-2.00009-7>
- Chiang, C. L., Lin, K. S., Shu, C. W., Wu, J. C. S., Wu, K. C. W., & Huang, Y. T. (2020). Enhancement of biodiesel production via sequential esterification/transesterification over solid superacidic and superbasic catalysts. *Catalysis Today*, 348(May), 257–269. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2019.09.037>
- Chiang, C., Lin, K., Shu, C., Wu, C., Wu, K. C., & Huang, Y. (2019). Enhancement of biodiesel production via sequential esterification / transesterification over solid superacidic and superbasic catalysts. September. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2019.09.037>
- Chung, Z. L., Tan, Y. H., Chan, Y. S., Kansedo, J., Mubarak, N. M., Ghasemi, M., & Abdullah, M. O. (2019). Life cycle assessment of waste cooking oil for biodiesel production using waste chicken eggshell derived CaO as catalyst via transesterification. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 21(August), 101317. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101317>
- do Nascimento, L. A. S., Tito, L. M. Z., Angélica, R. S., da Costa, C. E. F., Zamian, J. R., & da Rocha Filho, G. N. (2011). Esterification of oleic acid