

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON BIJI
DURIAN (*Durio zibethinus*) TERSULFONASI UNTUK
PRODUKSI BODIESEL DARI *PALM FATTY ACID*
*DISTILLATE***



OKTAVIA WULANDARI

NIM/TM. 18036038/2018

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

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON BIJI
DURIAN (*Durio zibethinus*) TERSULFONASI UNTUK
PRODUKSI BIODIESEL DARI *PALM FATTY ACID*
*DISTILLATE***

SKRIPSI

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



OKTAVIA WULANDARI

NIM/TM. 18036038/2018

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

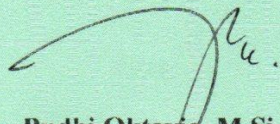
SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON BIJI DURIAN (*Durio zibethinus*) TERSULFONASI UNTUK PRODUKSI BIODIESEL DARI PALM FATTY ACID DISTILLATE

Nama : Oktavia Wulandari
NIM : 18036038
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

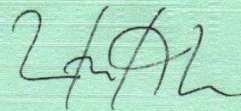
Padang, Juni 2022

Mengetahui:
Ketua Jurusan

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing



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



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

PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

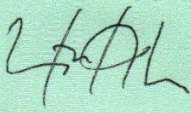
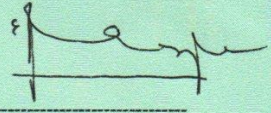
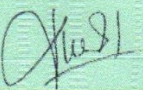
Nama : Oktavia Wulandari
NIM : 18036038
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON BIJI DURIAN (*Durio zibethinus*) TERSULFONASI UNTUK PRODUKSI BIODIESEL DARI 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, Juni 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
Ketua	: Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D	
Anggota	: Edi Nasra, S.Si., M.Si	
Anggota	: Trisna Kumala Sari, S.Si., M.Si., Ph.D	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Oktavia Wulandari
NIM : 18036038
Tempat/Tanggal lahir : Ulu Suliti/ 10 Oktober 2000
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS
KARBON BIJI DURIAN (*Durio zibethinus*)
TERSULFONASI UNTUK PRODUKSI
BIODIESEL DARI *PALM FATTY ACID*
DISTILLATE**

Dengan ini menyatakan bahwa :

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

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran 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


Oktavia Wulandari
NIM : 18036038

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON BIJI DURIAN (*Durio zibethinus*) TERSULFONASI UNTUK PRODUKSI BIODIESEL DARI *PALM FATTY ACID DISTILLATE*

Oktavia Wulandari

ABSTRAK

Permintaan akan bahan bakar fosil yang bersifat tidak terbarukan semakin meningkat sehingga diperlukan sumber bahan bakar alternatif seperti biodiesel. Biodiesel memiliki beberapa keunggulan seperti tidak beracun, dapat diuraikan, memiliki titik nyala yang tinggi, serta tidak menyebabkan polusi udara. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi sifat fisikokimia dan aktivitas katalitik dari karbon biji durian tersulfonasi pada pembuatan biodiesel. Katalis disintesis melalui proses kalsinasi dengan variasi suhu (250-400)°C kemudian dilanjutkan dengan sulfonasi menggunakan H₂SO₄ selama 4 jam. Katalis yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD dan penentuan situs asam, kemudian diaplikasikan dalam pembuatan biodiesel. Karakterisasi menggunakan FTIR terdapat dua puncak kembar yang merupakan bentuk simetris dan asimetris dari O=S=O pada bilangan gelombang 1300-1000 cm⁻¹. Hasil uji XRD karbon dan katalis biji durian menunjukkan adanya struktur amorf pada karbon setelah sulfonasi. Pada biodiesel yang dihasilkan dilakukan uji densitas, laju alir, bilangan asam dan persen konversi. Reaksi optimum pada penelitian ini terdapat pada katalis karbon biji durian dengan suhu kalsinasi 400°C.

Kata kunci : Katalis Karbon Tersulfonasi, Esterifikasi, Biji Durian, Biodiesel

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, kekuatan dan kesabaran sehingga penulis telah dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON BIJI DURIAN (*Durio zibethinus*) TERSULFONASI UNTUK PRODUKSI BIODIESEL DARI *PALM FATTY ACID DISTILLATE*”**. Shalawat beserta salam untuk nabi tauladan kita, Muhammad SAW. yang telah menjadi tauladan dalam setiap aktivitas kita.

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

1. Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Penasehat Akademik dan Pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si dan Ibuk Trisna Kumala Sari, M.Si., Ph.D selaku Tim Pembahas.
3. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Kepala Departemen Kimia dan Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si selaku sekretaris Departemen Kimia FMIPA UNP.
4. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku ketua Program Studi Departemen Kimia FMIPA UNP.

5. Bapak dan Ibu staf pengajar serta seluruh staf akademik dan non akademik di Departemen Kimia FMIPA UNP.
6. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Sahabat dan teman-teman terdekat penulis yang telah memberikan masukan, saran, serta semangat dalam penyelesaian skripsi.
8. Teman-teman kimia tahun 2018 yang telah memberikan masukan dan saran dalam pembuatan skripsi.
9. Semua pihak terkait yang telah turut berkontribusi dalam penyelesaian skripsi.

Semoga rahmat dan kasih sayang Allah SWT selalu tercurah kepada kita semua, serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah dihadapan Allah SWT, Amin Ya Rabbal ‘Alamin. Penulis menyadari bahwa hasil penelitian yang telah diselesaikan dengan semaksimal mungkin ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan serta saran dari pembaca agar skripsi ini bermanfaat dikemudian harinya.

Padang, Mei 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Biodiesel dari Palm Fatty Acid Distillate (PFAD).....	7
B. Katalis Karbon Tersulfonasi	10
C. Karbon Biji Durian.....	13
D. Karakterisasi Katalis Karbon Tersulfonasi.....	15
E. Sifat-Sifat Biodiesel	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
B. Objek Penelitian.....	20
D. Alat dan Bahan.....	21
E. Prosedur Kerja	21
F. Teknik Analisa Data.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Sifat Fisikokimia Katalis Karbon Biji Durian Tersulfonasi	29
B. Uji Sifat-Sifat Fisika Biodiesel	34
C. Aktivitas Katalitik Recycle Katalis Biji Durian Tersulfonasi	38
BAB V PENUTUP	43

A. Kesimpulan.....	43
B. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Reaksi Transesterifikasi Trigliserida dengan Metanol	7
Gambar 2. Reaksi Esterifikasi	8
Gambar 3. Biji Durian (<i>Durio zibethinus</i>)	13
Gambar 4. Spektrum IR Karbon Kulit Durian Sebelum dan Setelah Sulfonasi....	16
Gambar 5. Pola XRD dari Katalis HTC dan HTC-S	17
Gambar 6. Spektra FTIR Karbon dan Katalis Biji Durian Tersulfonasi.....	30
Gambar 7. Situs Asam Karbon dan Katalis Biji Durian Tersulfonasi	31
Gambar 8. XRD Karbon dan Katalis Biji Durian Tersulfonasi.....	33
Gambar 9. Densitas Biodiesel	35
Gambar 10. Laju Alir Biodiesel	36
Gambar 11. Bilangan asam Biodiesel	37
Gambar 12. Persen Konversi FFA.....	38
Gambar 13. Situs Asam Recycle	39
Gambar 14. (a) Densitas R-KBD, (b) Laju Alir R-KBD, (c) Bilangan Asam R-KBD	40
Gambar 15. Persen Konversi Biodiesel R-KBD	42

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat-sifat PFAD.....	9
Tabel 2. Penelitian Biodiesel dari PFAD	9
Tabel 3. Penelitian Karbon Tersulfonasi.....	12
Tabel 4. Kandungan Nutrisi Biji Durian	14
Tabel 5. Penelitian Karbon dari Biji Durian	14
Tabel 6. Kode Sampel	22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian.....	48
Lampiran 2. Perhitungan.....	54
Lampiran 3. Perhitungan Katalis Recycle.....	60
Lampiran 4. Dokumentasi.....	65

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Permintaan akan bahan bakar fosil bertambah seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Bahan bakar ini tidak terbarukan sehingga akan habis seiring dengan berjalannya waktu. Selain itu, asap pembakaran dari bahan bakar fosil dapat menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan sekitar dan masyarakat. Oleh sebab itu, diperlukan sumber energi lain yang memiliki sifat terbarukan, ramah lingkungan serta berkelanjutan seperti biodiesel (Fitriani *et al.*, 2020).

Biodiesel dapat dijadikan sebagai pengganti bahan bakar fosil karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar lain, diantaranya tidak beracun, dapat diuraikan, memiliki titik nyala yang tinggi, serta tidak menyebabkan polusi udara. Bahan bakar ini bisa diproduksi melalui reaksi transesterifikasi antara lemak atau minyak yang bereaksi dengan alkohol rantai pendek (etanol dan metanol) dan reaksi esterifikasi antara asam lemak bebas dari lemak atau minyak yang berasal dari alkohol (Aricetti & Tubino, 2012).

Produksi biodiesel dapat diperoleh dari bahan baku berupa minyak hewani dan minyak nabati yang dapat dikonsumsi dan tidak dapat dikonsumsi (Mishra *et al.*, 2021). Contoh bahan baku yang dapat dikonsumsi seperti minyak jagung, minyak sawit dan minyak kelapa (Zhang *et al.*, 2017). Penggunaan minyak murni ini memiliki kelemahan berupa biaya produksi yang relatif lebih mahal serta menimbulkan persaingan dalam produksi minyak yang akan dikonsumsi dan dijadikan bahan bakar. Permasalahan ini dapat diatasi dengan memproduksi

biodiesel dari minyak yang tidak dapat dikonsumsi seperti *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) (Syazwani *et al.*, 2019).

PFAD merupakan produk sampingan dari pengolahan minyak sawit yang tidak dapat dikonsumsi serta memiliki harga yang relatif murah. Limbah ini mengandung 98% Free Fatty Acid (FFA), serta sebagian besar komponennya terdiri atas asam palmitat, asam oleat, dengan komponen sisa adalah trigliserida dan gliserida parsial. Reaksi esterifikasi pembentukan biodiesel dari PFAD biasanya berjalan lambat, sehingga diperlukan katalis untuk mempercepat reaksi (S. F. Ibrahim *et al.*, 2020). katalis terbagi 3 yaitu katalis homogen, heterogen dan katalis enzim. Namun, penggunaan katalis heterogen lebih disukai dari pada katalis homogen. Katalis ini memiliki beberapa keuntungan seperti mudah dipisahkan, dapat digunakan kembali serta penggunaan biaya yang relatif lebih murah (Fitriani *et al.*, 2020). Salah satu katalis yang berpotensi untuk dimanfaatkan dalam produksi biodiesel adalah katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi.

Katalis karbon tersulfonasi dapat disintesis melalui proses karbonisasi limbah organik yang mengandung selulosa, lignin dan pati kemudian dilanjutkan dengan proses sulfonasi. Proses sulfonasi merupakan proses substitusi gugus sulfonat ($-\text{SO}_3\text{H}$) pada kerangka karbon senyawa aromatik (Ji *et al.*, 2011). Proses sulfonasi dilakukan dengan cara merendam karbon dalam larutan H_2SO_4 p.a. Metoda ini sangat efektif untuk pembuatan katalis asam padat untuk produksi biodiesel dengan kandungan FFA yang tinggi (Sangar *et al.*, 2019). Beberapa contoh dari limbah organik seperti cangkang sawit, kulit ubi kayu, biji durian dan batang jagung.

Durian dengan nama ilmiah *Durio zibethinus*, merupakan buah musiman yang populer pada berbagai negara di Asia Tenggara. Buah ini juga dikenal luas sebagai "raja buah" (Mokhtar *et al.*, 2013). Durian tumbuh subur di Indonesia dengan produksi buah durian mencapai 500-700 ribu ton per tahun (Yuliusman *et al.*, 2020). Pada umumnya, hanya daging buah durian saja yang dimanfaatkan, sedangkan biji pada durian sekitar 20-25%, dan sebagian besar bagiannya terbuang setelah dikonsumsi (Amid, *et al.*, 2012). Buah durian yang dikonsumsi menghasilkan limbah berupa kulit dan biji. Proses pembakaran dari limbah ini dapat menyebabkan berbagai masalah seperti gangguan pada saluran pernapasan karena baunya yang menyengat (Mokhtar *et al.*, 2013). Kandungan pati pada biji durian terdapat sebesar 42,1%, kadar air 54,90%, abu 1,58%, protein 3,40%, serta lemak 1,32% dan karbohidrat sebesar 43,6% (Srianta *et al.*, 2012). Beberapa aktivitas pengolahan dari biji durian yaitu digunakan sebagai sumber pangan seperti keripik, bubur dan tepung.

Selain itu biji durian juga sudah dijadikan sebagai sumber karbon, akan tetapi belum ada penelitian yang menjadikan biji durian sebagai sumber karbon tersulfonasi. Oleh karena itu, pada penelitian ini biji durian akan dijadikan sebagai katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi.

Berdasarkan uraian diatas maka akan dilakukan sintesis katalis karbon dari limbah biji durian tersulfonasi. Sulfonasi dilakukan menggunakan H_2SO_4 dan katalis akan dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR, XRD dan situs asam, serta akan diaplikasikan dalam produksi biodiesel dari PFAD. Biodiesel yang diperoleh akan dilakukan uji densitas, viskositas, bilangan asam dan persen konversi.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka 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 bahan bakar alternatif terbarukan dan ramah lingkungan serta dapat diproduksi dari limbah PFAD.
3. 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. Kandungan pati yang terdapat pada biji durian menyebabkannya berpotensi untuk digunakan sebagai katalis karbon tersulfonasi dalam produksi biodiesel.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Katalis karbon biji durian tersulfonasi disintesis berdasarkan penelitian sebelumnya dengan variasi suhu kalsinasi 250°C, 300°C, 350°C, dan 400°C selanjutnya disulfonasi dengan menggunakan H₂SO₄ pada suhu 160°C selama 4 jam.
2. Karakterisasi karbon dan katalis biji durian dilakukan dengan menggunakan instrumen FTIR, XRD dan penentuan situs asam.
3. Aplikasi katalis karbon biji durian tersulfonasi melalui reaksi esterifikasi dalam produksi biodiesel menggunakan PFAD.

4. Karakterisasi biodiesel yang dihasilkan (*Yield* FAME) dengan menggunakan instrumen FTIR, dan penentuan bilangan asam.
5. Pengujian sifat-sifat biodiesel dibatasi pada uji densitas, laju alir, bilangan asam, dan persen konversi.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat fisikokimia dari katalis karbon biji durian yang disintesis sebelum sulfonasi dan setelah sulfonasi dengan H_2SO_4 ?
2. Bagaimanakah aktivitas katalitik biji durian tersulfonasi dalam mengkonversi PFAD menjadi biodiesel.

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari sifat fisikokimia dari katalis karbon biji durian yang disintesis sebelum sulfonasi dan setelah sulfonasi dengan H_2SO_4 .
2. Mempelajari aktivitas katalitik biji durian tersulfonasi dalam mengkonversi PFAD menjadi biodiesel.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi dan dapat mengetahui sifat fisikokimia dari katalis karbon biji durian yang disintesis sebelum sulfonasi dan setelah sulfonasi dengan H_2SO_4 .
2. Memberikan informasi dan dapat mengetahui aktivitas katalitik biji durian tersulfonasi dalam mengkonversi PFAD menjadi biodiesel.

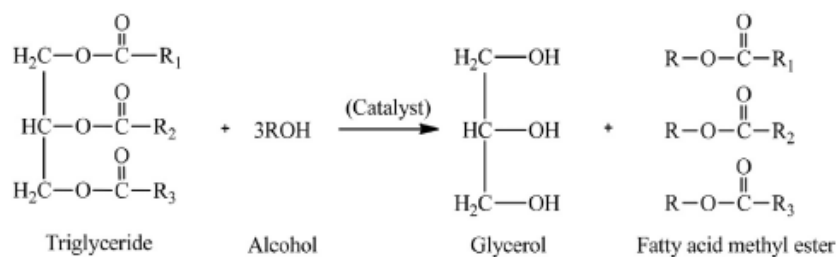
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Biodiesel dari Palm Fatty Acid Distillate (PFAD)

Biodiesel sebagai sumber daya terbarukan dianggap dapat menggantikan sumber daya fosil yang semakin menipis (Talha *et al.* 2016). Keuntungan dari bahan bakar ini yaitu biodegradable, mempunyai titik nyala yang tinggi, menghasilkan gas CO₂ dalam jumlah sedikit dan terbarukan (Syazwani *et al.*, 2019) serta tidak mencemari lingkungan (N. A. Ibrahim *et al.*, 2019).

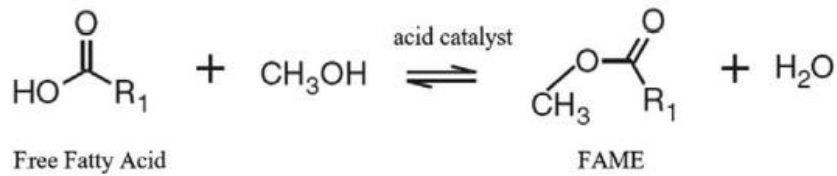
Biodiesel atau *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) merupakan mono alkil ester asam lemak rantai panjang yang dapat diproduksi dari minyak yang bisa dimakan dan minyak yang tidak bisa dimakan (S. F. Ibrahim *et al.*, 2020). Esterifikasi asam lemak bebas dan transesterifikasi trigliserida adalah dua reaksi untuk menghasilkan biodiesel dari lemak hewani atau minyak nabati dari reaksi antara alkohol rantai pendek dengan bantuan katalis basa atau asam (Sangar *et al.*, 2019).



Gambar 1. Reaksi Transesterifikasi Trigliserida dengan Metanol (Farabi *et al.*, 2019)

Reaksi transesterifikasi adalah proses reaksi antara trigliserida pada lemak hewani atau minyak nabati dan alkohol dengan bantuan katalis, yang akan menghasilkan ester dan gliserol (Borges *et al.* 2012). Reaksi ini hanya cocok

digunakan untuk produksi biodiesel dari bahan yang mengandung asam lemak bebas rendah, seperti minyak nabati (Cho *et al.*, 2012).



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

Esterifikasi merupakan suatu metode produksi biodiesel menggunakan asam lemak bebas yang direaksikan dengan alkohol, dengan bantuan katalis menghasilkan methyl ester dan air sebagai produk samping (Lokman *et al.*, 2015). Reaksi ini lebih ekonomis dibandingkan dengan reaksi transesterifikasi karena bahan baku serta katalis yang digunakan dapat diperoleh dari berbagai limbah organik yang mengandung asam lemak bebas yang tinggi seperti PFAD.

PFAD merupakan produk sampingan dari pengolahan minyak sawit mentah. Limbah ini dapat digunakan untuk produksi biodiesel karena tidak dapat dimakan sehingga tidak menimbulkan persaingan dengan minyak yang dapat dimakan serta memiliki harga yang lebih murah dari minyak nabati (N. A. Ibrahim *et al.*, 2019). Limbah ini berbentuk padatan kuning pada suhu kamar dan menjadi coklat muda saat dilelehkan. Kandungan PFAD terdiri sekitar 98% asam lemak bebas, dimana sebagian besar komponennya terdiri atas asam palmitat, dan asam oleat, dengan komponen sisa berupa trigliserida dan gliserida parsial (S. F. Ibrahim *et al.*, 2020).

Tabel 1. Sifat-sifat PFAD

Kandungan	Metode	Hasil
Kandungan FFA	Cd AOCS 3d-63	98,9 ± 0,71
Nilai kation (mg KOH/g) berat Molekul (g mol ⁻¹)A	AOCS Tr 1a-64	197 ± 3,32
Komposisi asam lemak (wt%)		193,2
Miristat (C14:0)		1,08 ± 0,05
Palmitat (C16:0)		58,92 ± 0,32
Stearat (C18:1)		3,24 ± 1,01
Oleat (C18:1)		30,34 ± 1,32
Linoleat (C18:2)		6,42 ± 0,71
Σ tak jenuh		63,24
Σ jenuh		36,76

(S. F. Ibrahim *et al.*, 2020)

Beberapa limbah organik telah dilaporkan sebagai katalis dalam reaksi esterifikasi pembentukan biodiesel dari PFAD seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Penelitian Biodiesel dari PFAD

No	Katalis yang digunakan	Metoda Esterifikasi	Hasil	Referensi
1.	Tongkol jagung	10 gram PFAD dan metanol, rasio molar metanol: PFAD (15:1) , katalis 3% pada suhu 70°C selama 2 jam	Konversi 92% FFA dengan hasil biodiesel 85%	(S. F. Ibrahim <i>et al.</i> , 2020)
2.	Cangkang sawit dan bambu	5 gram PFAD, katalis 4%, rasio molar metanol: PFAD 15:1, suhu reaksi 65°C, waktu reaksi 1 jam	Hasil FAME cangkang sawit tersulfonasi 95% dan 97% Bambu tersulfonasi 94,2% dan 95,8%.	(Farabi <i>et al.</i> , 2019)
3.	Cangkang sayap malaikat	5 gram PFAD + metanol dan katalis, rasio metanol: PFAD (15:1) katalis 5% , pada suhu 80°C dalam waktu 3 jam.	Pada suhu 60-80°C terdapat FAME 98%.	(Syazwani <i>et al.</i> , 2019)

B. Katalis Karbon Tersulfonasi

Katalis merupakan suatu hal yang sangat penting dalam kimia, katalis dapat mempercepat laju reaksi kimia dan juga dapat mendukung pembentukan produk (Fitriani *et al.*, 2020). Suatu katalis dapat meningkatkan laju reaksi kimia tetapi tidak dapat mengubah posisi kesetimbangan termodinamika (Dumbre *et al.* 2020).

Secara umum, katalis yang digunakan dalam produksi biodiesel terbagi menjadi tiga diantaranya katalis asam, basa dan katalis enzim. Namun katalis asam dan basa lebih sering digunakan dalam produksi biodiesel dibandingkan dengan katalis enzim. Katalis basa dan asam dikategorikan menjadi katalis homogen dan heterogen (Talha *et al.* 2016).

1. Katalis Homogen

Katalis homogen terbagi menjadi dua yaitu katalis asam dan katalis basa. Penggunaan katalis homogen memiliki beberapa kelemahan dalam proses pemisahan katalis dalam produk biodiesel. Biodiesel yang dihasilkan akan bercampur dengan katalis, yang membutuhkan waktu pemisahan yang tidak sederhana serta biaya yang tinggi (Nizar *et al.*, 2018). Katalis basa cair kurang efektif digunakan dalam produksi biodiesel, karena akan terjadi reaksi saponifikasi antara minyak yang mengandung air dan FFA yang tinggi sehingga akan menghasilkan sabun. Katalis asam cair tidak sensitif terhadap FFA serta dapat mengkatalisis reaksi esterifikasi dan transesterifikasi secara bersamaan, namun katalis asam cair memiliki laju reaksi yang lambat dalam reaksi esterifikasi dan transesterifikasi sehingga jarang digunakan dalam produksi biodiesel (Talha *et al.*, 2016). Contoh katalis homogen yaitu H_2SO_4 , NaOH dan KOH.

2. Katalis Heterogen

Katalis heterogen lebih banyak digunakan dalam pembuatan biodiesel dari pada katalis homogen. Katalis ini lebih efektif untuk digunakan dalam produksi biodiesel karena penggunaan biaya yang rendah dan tidak berbahaya terhadap lingkungan (Sangar *et al.*, 2019). Selain itu katalis ini juga memiliki beberapa sifat seperti dapat melakukan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi secara bersama, proses pemisahan sederhana karena memiliki fase yang berbeda dari produk biodiesel, dapat digunakan kembali untuk reaksi selanjutnya, mengurangi masalah korosi serta tidak sensitif terhadap kandungan FFA. Berdasarkan karakteristik yang dimiliki, maka katalis ini sangat cocok digunakan untuk minyak yang memiliki kandungan FFA tinggi seperti PFAD (Talha *et al.*, 2016).

Saat ini, pemanfaatan katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi dalam produksi biodiesel telah mendapatkan perhatian lebih. Hal ini karena katalis dapat dibuat dari berbagai sumber yang lebih ekonomis, memiliki aktivitas tinggi, porositas tinggi, stabilitas tinggi serta berkelanjutan seperti limbah organik (Leesing *et al.*, 2021). Beberapa limbah organik telah dilaporkan sebagai karbon tersulfonasi, seperti tabel dibawah ini.

Tabel 3. Penelitian Karbon Tersulfonasi

No	Sumber karbon	Metoda sintesis	Aplikasi	Hasil	Referensi
1.	Tempurung kelapa	Sampel dikalsinasi pada suhu 422°C selama 4 jam Disulfonasi dengan H ₂ SO ₄ pada suhu 100°C selama 15 jam Luas permukaan ditentukan dengan menggunakan BET	Katalis karbon tersulfonasi untuk produksi biodiesel dari minyak sawit	Katalis karbon tempurung kelapa tersulfonasi menghasilkan biodiesel sebesar 88,15% dan 88,03%. Luas permukaan katalis pada BET 24.1703 m ² g ⁻¹ dan 0.0115 cm ³ g ⁻¹	(Endut <i>et al.</i> , 2017)
2.	Tongkol jagung	Karbon tongkol jagung disintesis melalui karbonisasi hidrotermal, Sulfonasi dengan H ₂ SO ₄ 150°C selama 8 jam	Katalis karbon tersulfonasi untuk produksi biodiesel dari PFAD	Konversi asam lemak bebas 92%, dengan hasil biodiesel 85% yang di capai pada suhu 70°C dan waktu 2 jam	(S. F. Ibrahim <i>et al.</i> , 2020)
3.	Limbah kulit jeruk	Karbonisasi dan aktivasi dengan aktivator KOH pada suhu 180°C selama 6 jam Sulfonasi dengan H ₂ SO ₄ pada suhu 200 °C selama 24 jam dalam reaktor autoklaf berlapis teflon	Katalis karbon tersulfonasi untuk produksi biodiesel dari CAO (Corn Acid Oil) dan metanol	Konversi biodiesel diperoleh 91,68% pada kondisi reaksi optimum menggunakan Box-Behnken Design (BBD) dengan konsentrasi katalis 5%; rasio molar CAO (5 mL) dan metanol = 1 : 19,95 dan waktu reaksi 274 menit.	(Lathiya, Bhatt and Maheria, 2018)
4.	Cangkang sawit dan bambu	Kalsinasi sampel pada suhu 150°C selama 1 jam Sulfonasi dengan	Katalis karbon tersulfonasi untk produksi biodiesel dari PFAD	Rendemen FAME dan FFA untuk katalis cangkang sawit 95% dan	(Farabi <i>et al.</i> , 2019)

		menggunakan asam klorosulfonat (ClSO_3H), pada suhu 70°C selama 4 jam		97%, katalis bambu 94,2% dan 95,8%	
5.	Sargassum horneri	Karbonisasi pada suhu 300°C selama 2 jam dan aktivasi dengan aktivator asam fosfat Sulfonasi dengan asam sulfat 90°C selama 5 jam	Katalis karbon tersulfonasi untuk produksi biodiesel melalui reaksi esterifikasi	Katalis karbon Sargassum horneri tersulfonasi berhasil mengkatalisis reaksi esterifikasi diperoleh konversi 96,4% asam oleat	(Cao <i>et al.</i> , 2021)

C. Karbon Biji Durian



Gambar 3. Biji Durian (*Durio zibethinus*)

Durian dengan nama ilmiah *Durio zibethinus*, merupakan buah musiman yang populer pada berbagai negara di Asia Tenggara, buah ini juga dikenal luas sebagai "raja buah" (Mokhtar *et al.*, 2013). Durian tumbuh subur di Indonesia dengan produksi buah durian mencapai 500-700 ribu ton per tahun (Yuliusman *et al.*, 2020). Buah ini terdiri dari 3 bagian yaitu, daging buah, biji dan kulit. Namun, sampai saat ini baru sepertiga dari buah durian yang dimanfaatkan sedangkan biji pada durian terdapat sekitar 20-25%, dan sebagian besar bagiannya terbuang setelah dikonsumsi (Amid *et al.* 2012). Pemanfaatan buah durian

menghasilkan limbah berupa kulit dan biji, proses pembakaran dari limbah ini dapat menyebabkan berbagai masalah seperti gangguan pada saluran pernapasan karena baunya yang menyengat (Mokhtar *et al.*, 2013).

Tidak hanya buah durian yang memiliki banyak kandungan gizi, biji durian yang dianggap limbah juga memiliki banyak kandungan yang dapat dimanfaatkan, seperti yang diuraikan pada tabel di bawah.

Tabel 4. Kandungan Nutrisi Biji Durian

Komposisi	Per 100 gram Biji Durian (mentah)
Pati	42,1%
Air	54,90%
Abu	1,58 g
Protein	3,40%
Karbohidrat	43,6%

(Srianta *et al.*, 2012)

Kandungan pati yang tinggi pada biji durian membuatnya berpotensi untuk dijadikan sebagai katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi. Beberapa penelitian telah dilaporkan mengenai sintesis karbon dari biji durian, seperti yang diuraikan pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 5. Penelitian Karbon dari Biji Durian

No	Aktivator	Metoda sintesis	Aplikasi	Referensi
1.	KOH	Biji durian dikarbonisasi pada suhu 400°C, 500°C dan 600°C lalu di aktivasi dengan KOH 0,3 M, 0,45M, dan 0,6M Karbon dikarakterisasi dengan FTIR, BET, SEM, serta teknik analisis	Studi kinetika adsorpsi untuk menghilangkan zat warna	(Ahmad <i>et al.</i> 2015a)

		proksimat untuk adsorpsi zat warna		
2.	KOH	Biji durian dikarbonisasi pada suhu 700°C Karbon biji durian dialiri gas N ₂ dengan laju alir 150 cm ³ pada suhu 800°C selama 10 menit	Karbon aktif biji durian sebagai adsorben untuk menghilangkan pewarna metil merah (MR)	(Ahmad <i>et al.</i> , 2015b)
3.	KOH	Biji durian dikarakterisasi pada suhu 700°C selama 1 jam Dikarakterisasi menggunakan BET, FTIR, dan SEM	Karbon aktif biji durian sebagai adsorben untuk mengadsorpsi zat warna Melachite Green (MG)	(Ahmad <i>et al.</i> , 2014)

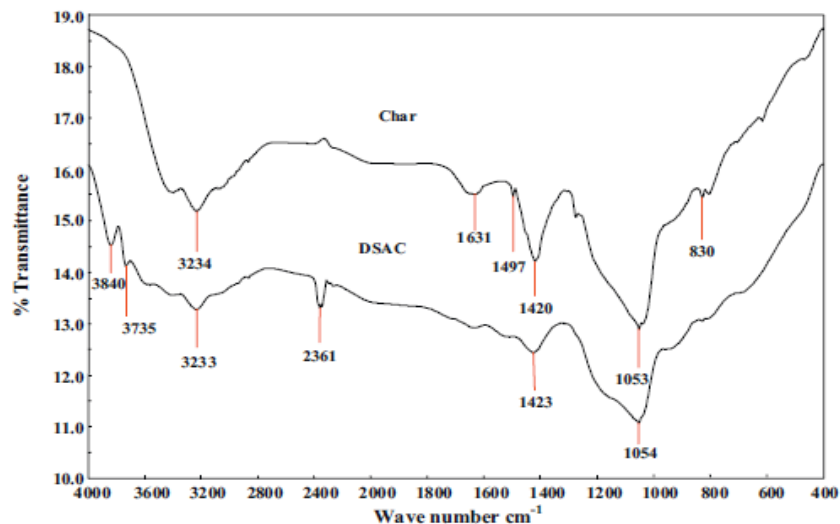
D. Karakterisasi Katalis Karbon Tersulfonasi

1. FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi yang terdapat di dalam sampel. Prinsip FTIR didasarkan pada getaran atom-atom suatu molekul, yang menghasilkan spektrum IR yang diperoleh dengan mengirimkan sinar IR melalui sampel dan menentukan gugus yang diserap pada energi (S. F. Ibrahim *et al.*, 2020).

Identifikasi suatu senyawa kimia menggunakan spektrofotometer FTIR umumnya terbagi menjadi 2 bidang yaitu untuk serapan dan absorpsi senyawa

anorganik menjadi senyawa organik. Wilayah untuk senyawa anorganik berada pada kisaran bilangan gelombang 4000-600 cm^{-1} , dan untuk bilangan gelombang senyawa organik berada pada kisaran diatas 1000 cm^{-1} (Mohadi *et al.*, 2016).



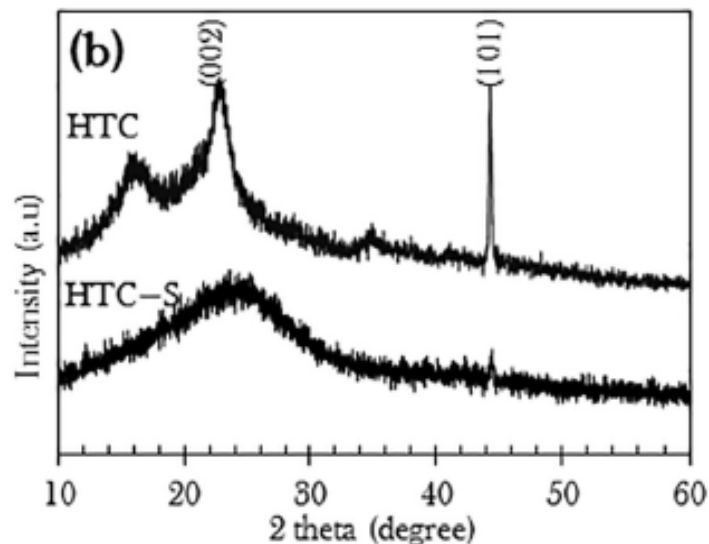
Gambar 4. Spektrum IR Karbon Kulit Durian Sebelum dan Setelah Sulfonasi (Foo *et al.*, 2012)

Gambar 4 menunjukkan spektrum IR dari karbon kulit durian sebelum sulfonasi dan setelah disulfonasi. Daerah antara 3840 dan 3735 cm^{-1} berkaitan dengan gugus OH (hidroksil), sedangkan daerah pada 3234 / 3233 cm^{-1} dikaitkan pada turunan NH. Pada panjang gelombang 2361 cm^{-1} identik dengan cincin aromatik C=C dari karbon poliaromatik. Sementara itu, panjang gelombang pada 1632-1497 dan 1423/1420 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C=O dari kelompok –COOH. Kehadiran gugus sulfonat ditunjukkan oleh puncak intensif pada 1054/1053 dan 830 cm^{-1} (Foo *et al.* 2012).

2. XRD (X-Ray Diffraction)

Menurut (Leesing *et al.* 2021) Difraksi sinar-X (XRD) digunakan untuk menentukan struktur amorf dan kristal dari katalis. XRD telah banyak digunakan untuk analisis struktur molekul dan kristal, identitas kualitatif berbagai senyawa,

resolusi kuantitatif kimia, mengukur derajat kristalinitas, ukuran partikel, fase transisi, substitusi isomorf, serta polimorfisme. Ketika sinar-X dipantulkan pada kristal, itu mengarah pada banyak bentuk pola difraksi yang menggambarkan karakteristik fisikokimia struktur kristal kimia (Das, 2014).



Gambar 5. Pola XRD dari Katalis HTC dan HTC-S (S. F. Ibrahim *et al.*, 2020)

Analisis difraksi sinar-X dari katalis pati sebelum dan sesudah sulfonasi ditunjukkan pada gambar 5. Pola XRD HTC menunjukkan suatu grafis pada $2\theta=23^\circ$ dan 45° yang masing-masingnya ditempatkan pada bidang karbon (0 0 2) dan (1 0 1). Setelah sulfonasi, katalis HTC-S menunjukkan struktur amorf yang khas dengan puncak luas pada $2\theta=25^\circ$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa HTC-S terdiri dari cincin karbon aromatik polisiklik yang berorientasi secara acak. Hal ini menunjukkan bahwa sampel tersusun oleh karbonisasi tingkat tinggi dengan lembaran karbon yang lebih besar, dan ini berguna untuk aktivitas katalitik selama proses reaksi esterifikasi (S. F. Ibrahim *et al.*, 2020).

3. Situs Asam

Situs asam digunakan untuk menentukan sifat asam dari katalis. Aktivitas katalitik suatu katalis ditentukan oleh tingkat reaksi terutama pada kekuatan asam dan jumlah situs aktif yang dapat diakses di permukaan katalis. Keberadaan gugus $-SO_3H$ pada permukaan katalis sangat mempengaruhi dan terindikasi katalis yang memiliki kekuatan asam kuat yang dapat meningkatkan laju reaksi. Situs asam pada permukaan katalis asam padat ditentukan dengan menggunakan metode titrasi (Pua *et al.*, 2011).

E. Sifat-Sifat Biodiesel

1. Densitas

Densitas adalah rasio massa per satuan volume yang berhubungan dengan nilai kalor dan tenaga yang dihasilkan oleh mesin diesel. Reaksi biodiesel terhadap konversi minyak nabati tidak berjalan sempurna jika biodiesel memiliki densitas melebihi batas standar. Biodiesel yang memiliki kualitas dibawah sebaiknya tidak digunakan karena dapat meningkatkan emisi dan kerusakan pada mesin. Berdasarkan analisa semua variabel, densitas biodiesel standar menurut SNI 04-7182-2006 dimana densitasnya berkisar antara $0.850 - 0.890 \text{ gram/cm}^3$ (Putri *et al.*, 2012).

2. Viskositas

Viskositas merupakan pengukuran hambatan aliran suatu cairan yang dilakukan untuk melihat perilaku aliran suatu bahan baku dan sampel biodiesel pada suhu tertentu (Ishola *et al.*, 2020). Viskositas yang terlalu tinggi akan menghasilkan tetesan yang lebih besar yang dapat meningkatkan deposit dan

emisi bahan bakar. Akan tetapi, jika viskositas terlalu rendah maka akan menyebabkan terbentuknya jelaga (Putri *et al.*, 2012).

3. Bilangan Asam

Bilangan asam digunakan untuk menentukan keberadaan situs asam pada katalis sebelum dan sesudah sulfonasi. Bilangan ini menunjukkan jumlah gugus sulfonik yang menempel pada struktur karbonisasi polisiklik aromatik selama proses esterifikasi (Kefas *et al.*, 2019). Biodiesel yang mengandung asam lemak bebas tinggi dapat menyebabkan deposit pada motor, terutama di injektor bahan bakar dan dapat mengoksidasi tangki selama penyimpanan. Bilangan asam didefinisikan sebagai kuantitas dalam mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan 1 gram biodiesel. Peningkatan suhu dapat mempengaruhi kenaikan bilangan asam (Aricetti *et al.*, 2012).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan

1. Katalis asam padat berbasis karbon biji durian tersulfonasi dapat disintesis melalui proses kalsinasi dengan variasi suhu 250°C, 300 °C, 350°C, dan 400°C kemudian disulfonasi menggunakan H₂SO₄ pada suhu 160 selama 4 jam. Sifat fisikokimia katalis dikarakterisasi menggunakan FTIR dan menunjukkan gugus sulfonat berada pada bilangan gelombang 1300-1000 cm⁻¹. Pada analisis jumlah situs asam dengan metode titrasi asam basa didapatkan situs asam tertinggi pada katalis KBD 400 sebesar 0,03657 mmol.g⁻¹. Data XRD KBD dan SBD 400 menunjukkan adanya struktur amorf pada karbon setelah sulfonasi.
2. Aktivitas katalitik katalis tertinggi terdapat pada KBD 400 yang dapat mengkonversi FFA menjadi biodiesel sebesar 44,618218% dan aktivitas katalitik katalis terendah terdapat pada KBD 250 dengan % konversi sebesar 41,703608%. Hasil konversi tertinggi pada katalis hasil recycle terdapat pada R-KBD 400 yaitu sebesar 41,750022%.

B. Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan beberapa variasi baik pada proses kalsinasi maupun pada proses sulfonasi untuk mendapatkan hasil konversi yang lebih baik lagi. Selain itu, diharapkan untuk dapat melakukan karakterisasi sampel menggunakan TPD-NH₃.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M. A., Ahmad, N., & Bello, O. S. (2014). Adsorptive removal of malachite green dye using durian seed-based activated carbon. *Water, Air, and Soil Pollution*, 225(8). <https://doi.org/10.1007/s11270-014-2057-z>
- Ahmad, M. A., Ahmad, N., & Bello, O. S. (2015a). Adsorption Kinetic Studies for the Removal of Synthetic Dye Using Durian Seed Activated Carbon. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 36(5), 670–684. <https://doi.org/10.1080/01932691.2014.913983>
- Ahmad, M. A., Ahmad, N., & Bello, O. S. (2015b). Modified durian seed as adsorbent for the removal of methyl red dye from aqueous solutions. *Applied Water Science*, 5(4), 407–423. <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0208-4>
- Amid, B. T., Mirhosseini, H., & Kostadinović, S. (2012). Chemical composition and molecular structure of polysaccharide-protein biopolymer from Durio zibethinus seed: extraction and purification process. *Chemistry Central Journal*, 6(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-6-117>
- Aricetti, J. A., & Tubino, M. (2012). A green and simple visual method for the determination of the acid-number of biodiesel. *Fuel*, 95, 659–661. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.10.058>
- Borges, M. E., & Díaz, L. (2012). Recent developments on heterogeneous catalysts for biodiesel production by oil esterification and transesterification reactions : A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2839–2849. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.071>
- Cao, M., Peng, L., Xie, Q., Xing, K., Lu, M., & Ji, J. (2021). Sulfonated Sargassum horneri carbon as solid acid catalyst to produce biodiesel via esterification. *Bioresource Technology*, 324(December 2020), 124614. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124614>
- Cho, H. J., Kim, J. K., Hong, S. W., & Yeo, Y. K. (2012). Development of a novel process for biodiesel production from palm fatty acid distillate (PFAD). *Fuel Processing Technology*, 104, 271–280. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2012.05.022>
- Dumbre, D., & Choudhary, V. R. (2020). Properties of functional solid catalysts and their characterization using various analytical techniques. In *Advanced Functional Solid Catalysts for Biomass Valorization*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820236-4.00003-9>
- Endut, A., Abdullah, S. H. Y. S., Hanapi, N. H. M., Hamid, S. H. A., Lananan, F., Kamarudin, M. K. A., Umar, R., Juahir, H., & Khatoon, H. (2017). Optimization of biodiesel production by solid acid catalyst derived from coconut shell via response surface methodology. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 124, 250–257. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.06.008>
- Farabi, M. S. A., Ibrahim, M. L., Rashid, U., & Taufiq-Yap, Y. H. (2019). Esterification of palm fatty acid distillate using sulfonated carbon-based catalyst derived from palm kernel shell and bamboo. *Energy Conversion and Management*, 181(December 2018), 562–570. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.12.033>