

**OPTIMASI SUHU REAKSI PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK
SAWIT DAN JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS**

SILIKA-TITANIA

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Persyaratan guna Memperoleh Gelar

Sarjana Sains (S.Si)



Oleh:

TAMARA PUTRI RAFFEZA

NIM: 15036081/2015

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2019

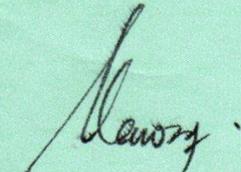
PERSETUJUAN SKRIPSI

**OPTIMASI SUHU REAKSI PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK
SAWIT DAN JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS
SILIKA-TITANIA**

Nama : Tamara Putri Raffeza
NIM/TM : 15036081/2015
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

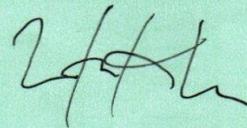
Padang, Agustus 2019

Mengetahui :
Ketua Jurusan Kimia



Dr. Mawardi, M.Si.
NIP : 19611123 1989031002

Disetujui Oleh:
Dosen Pembimbing



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

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

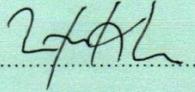
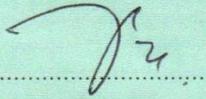
Nama : Tamara Putri Raffeza
NIM : 15036081
Prodi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

OPTIMASI SUHU REAKSI PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK SAWIT DAN JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS SILIKA-TITANIA

*Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang*

Padang, Agustus 2019

Tim Penguji

No.	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	: Umar Kalmár Nizar, S.Si.,M.Si.,Ph.D	1..... 
2	Anggota	: Budhi Oktavia, S.Si.,M.Si.,Ph.D	2..... 
3	Anggota	: Dr. Desy Kurniawati, S.Pd.,M.Si	3..... 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tamara Putri Raffeza
NIM/BP : 15036081/2015
Tempat/Tanggal Lahir : Padang/2 Juli 1997
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Seberang Padang Selatan III no 11

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Optimasi Suhu Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit dan Jelantah Menggunakan Katalis Silika-Titania”** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum negara yang berlaku, baik di Universitas Negeri Padang maupun masyarakat dan negara. Demikianlah Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, Agustus 2019

Yang membuat pernyataan



Tamara Putri Raffeza
NIM. 15036081

ABSTRAK

Tamara Putri Raffeza (2019) : **“Optimasi Suhu Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit dan Jelantah menggunakan Katalis Silika-Titania”**

Optimasi suhu dari 50-70°C dalam produksi biodiesel dari reaksi minyak jelantah dan minyak sawit dengan metanol telah dilakukan. Katalis yang digunakan dalam reaksi tersebut adalah katalis silika-titania yang diperoleh melalui reaksi solid state antara prekursor padat silika dan titania. Biodiesel yang dihasilkan dikarakterisasi dengan FTIR dan diuji beberapa sifat fisiknya seperti densitas, laju alir dan bilangan asam. Hasil menunjukkan bahwa spektra FTIR dari biodiesel yang dihasilkan sangat mirip dengan minyak sawit atau minyak jelantah. Namun demikian, terdapat perbedaan luas area pada daerah 1250-1000 cm^{-1} yang menunjukkan serapan C-O-C atau C-O-H. Urutan luas area dari yang besar ke kecil adalah biodiesel > minyak jelantah > minyak sawit. Analisis biodiesel dari minyak sawit menunjukkan bahwa suhu optimum diperoleh pada 65°C. Pada suhu ini densitas memiliki nilai terendah dan laju alir paling tinggi serta persen konversi tertinggi yaitu 33,33%. Analisis biodiesel dari minyak jelantah menunjukkan bahwa suhu 55°C merupakan suhu optimum reaksi karena densitas memiliki nilai terendah dan laju alir paling tinggi serta persen konversi tertinggi yaitu 57,1%.

Kata Kunci : Suhu, Biodiesel, Katalis silika-titania, Laju alir, Densitas, dan Bilangan Asam

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “**Optimasi Suhu Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit dan Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Silika-Titania**”. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat persyaratan memperoleh gelar sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Umar Kalmar Nizar, M.Si, Ph.D sebagai Pembimbing 1 sekaligus Penasihat Akademik.
2. Bapak Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D sebagai Dosen Penguji.
3. Ibu Dr. Desy Kurniawati, S.Pd, M.Si sebagai Dosen Penguji.
4. Bapak Dr. Mawardi, M.Si sebagai Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNP.
5. Bapak Hary Sanjaya, S. Si, M.Si sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP.
6. Orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dukungan moril kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Sekali terimakasih atas semua bantuan yang telah diberikan semoga menjadi amal shaleh dan mendapat imbalan di sisi Allah SWT. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan. Penulis mengharapkan kritik dan saran membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Atas masukan kritik dan saran yang diberikan penulis ucapkan terimakasih.

Padang, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
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.....	8
A. Biodiesel	8
1. Biodiesel dari Minyak Nabati	10
2. Katalis untuk Pembuatan Biodiesel	11
B. Katalis Silika-Titania (SiO ₂ -TiO ₂).....	15
C. FTIR (<i>Fourier Transform InfraRed</i>).....	16
D. DR UV-Vis (Diffuse Reflectance Ultraviolet Visible).....	18
E. Sifat-sifat Fisika Biodiesel	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
B. Variabel Penelitian.....	21
C. Alat dan Bahan.....	21
1. Alat.....	21
2. Bahan	21
D. Prosedur Kerja	22

1. Preparasi Katalis Silika-Titania	22
2. Karakterisasi Katalis Silika-Titania	22
3. Aplikasi Katalis Silika-Titania untuk Pembuatan Biodiesel.....	23
4. Karakterisasi dan Uji sifat fisik Biodiesel	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
A. Fraksi Tetrahedral Titanium dalam SiO ₂ -TiO ₂	26
1. FTIR (<i>Fourier Transform InfraRed</i>).....	26
2. Dekonvolusi Spektrum DR UV-Vis	27
B. FTIR dari Biodiesel	28
C. Sifat-sifat Fisika Produk Biodiesel yang dihasilkan	31
1. Viskositas.....	31
2. Densitas.....	34
3. Bilangan Asam dan Persentase Konversi	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
A. Kesimpulan.....	40
B. Saran	40
REFERENSI	41
LAMPIRAN	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi trans-esterifikasi	8
Gambar 2.2 FTIR spektrum TiO ₂ , SiO ₂ , dan Silika-titania.....	17
Gambar 2.3 Dekonvolusi Spectrum DR UV-Vis TiO ₂ dan Silika-Titania.....	19
Gambar 4.1 Spektrum FTIR SiO ₂ -TiO ₂	25
Gambar 4.2 Dekonvolusi Spektrum DR UV-Vis SiO ₂ -TiO ₂	27
Gambar 4.3 Spektra dari minyak sawit dan sampel biodiesel menggunakan suhu reaksi optimum.....	28
Gambar 4.4 Spektra dari minyak jelantah dan sampel biodiesel menggunakan suhu reaksi optimum.....	29
Gambar 4.5 Sampel perbandingan suhu dan laju alir minyak sawit (bimoli).....	30
Gambar 4.6 Sampel perbandingan suhu dan laju alir minyak jelantah.....	31
Gambar 4.7 Sampel Perbandingan suhu dan densitas minyak sawit (bimoli).....	33
Gambar 4.8 Sampel perbandingan suhu dan densitas minyak jelantah.....	34
Gambar 4.9 Sampel perbandingan suhu dan bilangan asam minyak sawit(bimoli)...	35
Gambar 4.10 Sampel perbandibgan suhu dan bilangan asam minyak jelantah.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat Biodiesel.....	9
Tabel 2.2 Perbandingan kondisi reaksi dari variasi jenis katalis	11
Tabel 2.3 Kelebihan dan kekurangan jenis-jenis katalis dalam reaksi transesterifikasi	12
Tabel 3.1 Label produk biodiesel yang dihasilkan	23
Tabel 4.1 Persen FFA dan konversi minyak sawit ke biodiesel.....	35
Tabel 4.2 Persen FFA dan konversi minyak jelantah ke biodiesel.....	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Preparasi katalis Silika-titania	44
Lampiran 2. Aplikasi katalis silika-titania pada pembuatan biodiesel	45
Lampiran 3. Aplikasi silika titania dalam pembuatan biodiesel	46
Lampiran 4. Perhitungan Mr Minyak Jelantah	47
Lampiran 5. Karakterisasi sifat fisika biodiesel.....	48
Lampiran 6. Spektrum FTIR katalis silika-titania.....	50
Lampiran 7. Spektrum DR UV-Vis katalis silika-titania.....	51
Lampiran 8. Spektrum FTIR minyak sawit.....	52
Lampiran 9. Spektrum FTIR biodiesel dari minyak sawit (suhu 65 ⁰ C).....	53
Lampiran 10. Spektrum FTIR minyak jelantah	54
Lampiran 11. Spektrum FTIR biodiesel dari minyak jelantah (suhu 55 ⁰ C)	55
Lampiran 12. Perhitungan sifat fisika biodiesel.....	56
Lampiran 13. Perhitungan bilangan asam, persen FFA dan persen konversi biodiesel.....	62
Lampiran 14. Dokumentasi Penelitian.....	69

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan energi yang terus meningkat seiring meningkatnya penduduk didunia menyebabkan cadangan bahan bakar fosil semakin berkurang (Hidayat et al., 2015). Hal ini menyebabkan harga minyak berfluktuasi dan munculnya beberapa permasalahan lingkungan seperti polusi udara, presipitasi asam, efek rumah kaca dan perusakan hutan. Upaya untuk mengatasi permasalahan pada bahan bakar adalah menggunakan bahan bakar alternatif dari sumber terbarukan. Salah satu bahan bakar dari sumber terbarukan dan ramah lingkungan adalah biodiesel (Ali et al., 2013).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang memiliki beberapa kelebihan yaitu ramah lingkungan, tidak beracun, mudah terurai, dan sedikit menghasilkan karbon monoksida. Bahan bakar alternatif ini dibuat dari sumber yang terbarukan seperti minyak nabati dan lemak hewani (Hidayat et al., 2015). Minyak nabati yang dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel antara lain minyak kedelai, minyak sawit, biji bunga matahari, minyak kacang serta minyak sisa penggorengan atau minyak jelantah (Talha et al., 2016);(Thanh et al., 2012)).

Minyak sawit berpotensi menggantikan bahan bakar konvensional sebagai sumber bahan bakar alternatif terbarukan. Hal ini dikarenakan Indonesia penghasil minyak sawit tertinggi didunia (Ali et al., 2013). Selain itu, komposisi kimia dan

sifat fisika-kimia dari biodiesel minyak sawit memiliki kesamaan sifat dengan bahan bakar diesel dan bersifat ramah lingkungan (Mat Yasin et al., 2017). Minyak jelantah juga berpotensi besar sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Minyak ini memiliki kelebihan yaitu harganya lebih murah, ketersediaannya banyak ditemukan di rumah, restoran dan industri sebagai produk sisa, dan dapat menghindari biaya pembuangan produk dan perawatan. Kandungan asam lemak bebas yang dimiliki oleh minyak jelantah dapat merusak lingkungan disekitar pembuangan limbah tersebut. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah tersebut minyak jelantah dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel. Minyak sawit dan minyak jelantah masing-masing memiliki potensi untuk sumber biodiesel tergantung dari katalis yang digunakan (García-Martín et al., 2018).

Biodiesel diproduksi dari reaksi transesterifikasi antara trigliserida dari minyak dan alkohol rantai pendek dengan penambahan katalis. Alkohol rantai pendek yang digunakan yaitu metanol karena memiliki berat molekul yang rendah dan stabil dibandingkan dengan alkohol lainnya (Rathore et al., 2016) Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi kesetimbangan yang berlangsung lambat maka digunakan katalis untuk meningkatkan laju reaksi. Katalis yang umum digunakan dalam reaksi transesterifikasi terbagi menjadi tiga kelompok yaitu katalis asam, basa dan enzim. Katalis asam dan basa dibagi menjadi dua yaitu katalis homogen dan heterogen. Pembuatan biodiesel dengan menggunakan katalis homogen memiliki beberapa kelemahan seperti terjadinya reaksi penyabunan ketika mengandung asam lemak bebas yang tinggi, kurang stabil, sulit dipisahkan dari produk dan menurunkan hasil

produk. Oleh karena itu, untuk mengatasi kelemahan dari katalis homogen maka dikembangkan katalis heterogen. Beberapa keuntungan menggunakan katalis heterogen yaitu pemisahan dari produk mudah, biaya murah, dan memerlukan energi yang lebih sedikit (Talha et al., 2016).

Salah satu katalis heterogen memiliki aplikasi yang luas dibidang akademik dan industri adalah $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ (Silika-Titania). Beberapa aplikasi katalis silika titania antara lain fotokatalis, katalis, pengolahan limbah cair, dan lain-lain. Silika titania memiliki luas permukaan yang tinggi, stabil pada saat pemanasan, transparan, dan mengatasi kelemahan titania (Sootchiewcharn et al., 2015). Penggunaan katalis silika titania dalam pembuatan biodiesel belum banyak dilaporkan. Katalis silika titania dalam pembuatan biodiesel yang telah dilaporkan salah satunya adalah silika titania yang disubsitusikan dengan gugus sulfat pada reaksi minyak jelantah dengan metanol. Gugus sulfat disubsitusikan ke permukaan silika titania untuk meningkatkan aktifitas katalitiknya. Namun demikian, tidak dijelaskan apakah gugus sulfat tetap stabil atau lepas selama reaksi akibat kontak dengan metanol. Jika gugus sulfat lepas selama reaksi maka perlu pemisahan seperti produk dari katalis homogen (Shao et al., 2013).

Sintesis silika titania dengan metoda solid state dalam pembuatan biodiesel menggunakan katalis silika titania dengan framework titanium tetrahedral telah dilaporkan dalam grup riset ini. Penelitian ini difokuskan pada pengaruh titanium tetrahedral terhadap sifat-sifat fisika biodiesel yang dihasilkan. Hasil yang diperoleh

menunjukkan adanya pengaruh fraksi titanium dalam koordinasi tetrahedral terhadap sifat-sifat fisika biodiesel seperti densitas, viskositas, dan bilangan asam.

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pembuatan biodiesel yaitu suhu dan waktu reaksi, massa katalis dan minyak, mol metanol dan minyak. Masing-masing minyak nabati memiliki suhu reaksi yang berbeda-beda dengan alkohol dan katalis yang digunakan. Berdasarkan penelitian yang telah dilaporkan, minyak sawit dengan katalis kulit telur mempunyai suhu optimum pada 60 °C sedangkan minyak sisa penggorengan dengan katalis kulit telur mempunyai suhu optimum pada 220 °C (Talha et al.,2016).

Berdasarkan uraian diatas, dalam penelitian ini dipelajari mengenai pengaruh variasi suhu dalam pembuatan biodiesel terhadap persentase dan sifat-sifat fisika biodiesel yang dihasilkan. Katalis yang digunakan silika-titania yang disintesis menggunakan metoda solid-state dan minyak yang digunakan minyak sawit dan minyak jelantah.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bahan bakar yang berasal dari fosil yang tidak dapat diperbarui sehingga ketersediaannya semakin berkurang, maka dibutuhkan bahan bakar yang berasal dari nabati yaitu biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar yang dapat diperbarui sehingga dapat menjadi pengganti bahan bakar fosil untuk mesin diesel.

2. Minyak sawit dan minyak jelantah merupakan sumber minyak yang berpotensi sebagai sumber pembuatan biodiesel, tergantung dengan katalis yang digunakan.
3. Salah satu faktor yang mempengaruhi produk biodiesel yang dihasilkan adalah suhu reaksi. Oleh karena itu, diperlukan optimasi suhu reaksi yang digunakan dalam pembuatan biodiesel.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Katalis silika-titania disintesis menggunakan metode solid state dengan suhu kalsinasi 450°C selama 8 jam dan perbandingan mol SiO_2 dengan TiO_2 adalah 1: 0.5 mol.
2. Karakterisasi sifat fisika katalis silika titani menggunakan FTIR dan DR UV-Vis.
3. Sumber minyak yang digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah minyak sawit dan minyak jelantah.
4. Variasi suhu reaksi pembuatan biodiesel dari minyak sawit dan minyak jelantah menggunakan katalis silika titania adalah 50, 55, 60, 65, 70 °C.
5. Analisis biodiesel yang akan dihasilkan meliputi sifat-sifat fisika (densitas, viskositas dan bilangan asam) dan persentase biodiesel dengan kromatografi gas.

D. Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah pengaruh optimasi suhu terhadap persentase biodiesel yang dihasilkan dari minyak sawit dan minyak jelantah?
2. Bagaimanakah karakteristik sifat-sifat fisika produk biodiesel yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi minyak sawit dan minyak jelantah menggunakan katalis silika titania pada variasi suhu?
3. Bagaimanakah sifat dari katalis silika-titania?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan suhu optimum yang digunakan dalam pembuatan biodiesel dari minyak sawit dan minyak jelantah.
2. Menentukan sifat-sifat fisika dari produk biodiesel yang dihasilkan dari minyak sawit dan minyak jelantah dengan metanol menggunakan katalis silika titania pada variasi suhu.
3. Menentukan sifat dari katalis silika-titania.

F. Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi tentang suhu optimum yang digunakan dalam pembuatan biodiesel dari minyak sawit dan minyak jelantah.
2. Memberikan informasi tentang sifat fisika produk biodiesel yang dihasilkan dari minyak sawit dan minyak jelantah menggunakan katalis silika titania dengan suhu yang divariasikan.

3. Memberikan informasi tentang sifat dari katalis silika-titania.

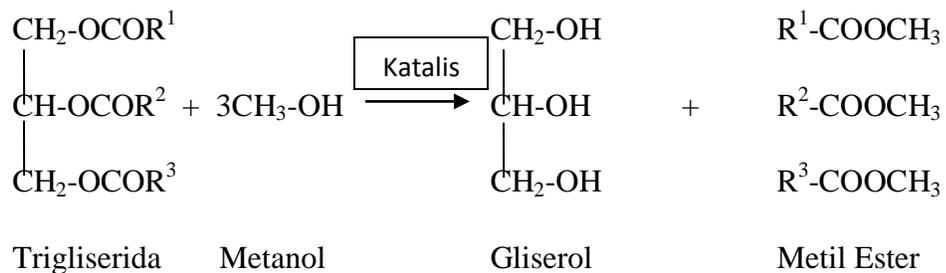
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif terbarukan dan bahan bakar ini dipercaya sampai sekarang aman bagi lingkungan dan tepat untuk masa depan. Biodiesel dibuat dari sumber biologis terbarukan seperti minyak nabati dan lemak hewani (Talha et al., 2016). Bahan bakar berbasis minyak nabati atau lemak hewani ini memiliki beberapa kelebihan yaitu aman, bahan bakar terbarukan, tidak beracun dan biodegradable yang tidak mengandung pelumas dan lebih baik dari bahan bakar pelumas (Kiss, 2014).

Biodiesel atau disebut juga asam lemak metil ester (Fatty Acid Methyl Esther) diproduksi dari reaksi transesterifikasi dan esterifikasi. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi antara tiga alkil gliserida (Try-Alkyl Glycerides) dengan alkohol rantai pendek seperti metanol menghasilkan gliserol sedangkan reaksi esterifikasi merupakan reaksi asam lemak bebas dengan metanol menghasilkan air. Persamaan reaksi diringkas sebagai berikut:



Gambar 2.1 Reaksi trans-esterifikasi (Rathore et al., 2016)

Biodiesel dapat dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi dari minyak nabati dan alkohol rantai pendek seperti metanol dengan penambahan katalis (Gashaw et al., 2015). Reaksi transesterifikasi minyak nabati bertujuan untuk menghilangkan kandungan trigliserida dan menurunkan nilai viskositas dari minyak nabati tersebut. Hal ini dilakukan agar metil ester (biodiesel) dapat digunakan sebagai bahan bakar diesel tanpa merubah atau memodifikasi mesin diesel tersebut.

Asam lemak metil ester memiliki sifat fisik yang mirip dengan bahan bakar minyak bumi dan proses nya relatif sederhana (Talha et al.,2016) Berikut sifat fisik yang dimiliki biodiesel dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat-sifat Biodiesel

Sifat Bahan Bakar	Biodiesel
Bahan bakar standar	ASTM D6751
Komposisi	C12-C22 FAME ^a
Kecepatan Viskositas mm ² /s (at 40°C)	1.9–6.0
Kecepatan Gravitasi (kg/l)	0.88
Titik Didih (°C)	182–338
Titik Nyala (°C)	100–170
Cloud point	–3 to 12
Pour point	–15 to 10
Cetane number	48–65
Stoichiometric Air/Fuel Ratio (AFR)	13.8
Life-cycle energy balance (energy units produced)	3.2/1

Reaksi transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel biasanya melibatkan beberapa jenis katalis yaitu katalis asam, katalis basa dan katalis enzim. Katalis asam dan basa terdiri dari dua jenis yaitu homogen dan heterogen. Misalnya natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH) merupakan katalis basa homogen

yang sering digunakan karena murah dan ketersediannya banyak. Sedangkan katalis basa heterogen yang digunakan biasanya seperti kulit biji padi, kulit telur, dan lain-lain (Talha et al., 2016).

1. Biodiesel dari Minyak Nabati

Biodiesel diproduksi dari sumber terbarukan seperti minyak nabati dan lemak hewani. Minyak nabati yang digunakan dalam pembuatan biodiesel seperti minyak kedelai, minyak kelapa sawit, biji bunga matahari, minyak kacang, minyak jelantah dan lain sebagainya (Talha et al., 2016).

Minyak kedelai menghasilkan biodiesel sebanyak 96,5 % dengan katalis kulit tiram melalui reaksi trans-esterifikasi pada suhu 65 °C selama 5 jam direaksikan dengan perbandingan methanol dan minyak kedelai sebanyak 6:1 dan massa katalis sebanyak 25%. Sedangkan biodiesel 95% dihasilkan dari minyak kedelai dengan katalis kulit telur dilakukan pada suhu 65 °C selama 3 jam dengan perbandingan methanol dan minyak sebanyak 9:1 dan massa katalis 3% (Talha et al., 2016).

Biodiesel dari minyak sawit menghasilkan 94,1 % melalui reaksi trans-esterifikasi dilakukan pada suhu 60 °C selama 2 jam dengan perbandingan metanol dan minyak 15:1 dan massa katalis sebanyak 10% (Talha et al., 2016). Sedangkan biodiesel yang dihasilkan dari minyak sawit sebanyak 88 % melalui reaksi transesterifikasi pada suhu 60 °C selama 60 menit dengan perbandingan metanol dan minyak 6:1 menggunakan katalis basa (Ali et al., 2013). Berdasarkan pada Tabel 2.3 menunjukkan bahwa kondisi reaksi dapat mempengaruhi biodiesel yang dihasilkan.

Tabel 2.2 Perbandingan kondisi reaksi dari variasi jenis katalis

Katalis	Kondisi reaksi					Biodiesel yang dihasilkan
	Suhu (°C)	Jenis minyak	Perb. Alkohol: Minyak	% katalis	Waktu (jam)	
NaOH	40	Minyak kedelai	9:1	1.3	1.33	95%
Kulit biji padi	65	Minyak kedelai	24:1	18	4	99.5%
Kulit telur	60	Minyak kelapa sawit	15:1	10	2	94.1%
Kulit tiram	65	Minyak kedelai	6:1	25	5	96.5%
Kulit telur	65	Minyak kedelai	9:1	3	3	95%
NaOH	55	Minyak sisa kedelai	3:1	:0.5	2	68.5%
Kulit telur	60	Minyak sisa penggorengan	6.03:1	2	7	99.58%
Karbon-katalis asam padat	220	Minyak sayur sisa Penggorengan	16.8:1	0.2	4.5	94.8%

2. Katalis untuk Pembuatan Biodiesel

Ada tiga jenis katalis yang digunakan untuk pembuatan biodiesel yaitu katalis basa, katalis asam dan katalis enzim. Katalis enzim dalam pembuatan biodiesel kurang diminati karena relatif mahal dan memerlukan waktu reaksi yang lama.

Katalis basa dan asam terbagi juga yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis basa homogen menyebabkan reaksi penyabunan ketika bahan dasar mengandung asam lemak bebas yang tinggi, air, sulit dipisahkan dari produk, dan menurunkan hasil produk. Sedangkan katalis asam homogen, H_2SO_4 sebagai katalis terjadi reaksi esterifikasi dan trans-esterifikasi secara bersama, kinerja baik dengan asam lemak bebas dibandingkan katalis basa dalam proses esterifikasi.

Namun demikian, katalis homogen memiliki kelemahan seperti kurang stabil, sulit dipisahkan, korosivitas, waktu reaksi yang lama dan polusi terhadap lingkungan. Penggunaan katalis heterogen lebih berkembang dibandingkan katalis homogen karena memiliki kelebihan seperti kereaktifan tinggi, murah, stabil, ramah lingkungan dan dapat digunakan kembali (Wang et al., 2018). Adapun kelebihan dan kelemahan dari jenis-jenis katalis yang digunakan dalam pembuatan biodiesel yang ditunjukkan pada Tabel 2.4 (Talha et al., 2016).

Tabel 2.3 Kelebihan dan kekurangan jenis-jenis katalis dalam reaksi transesterifikasi

Jenis Katalis	Kelebihan	Kelemahan
Katalis basa homogen	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak menghasilkan air dalam reaksi transesterifikasi - 4000 kali lebih cepat daripada katalis asam transesterifikasi - Ada dua tahap katalis basa dalam transesterifikasi menggunakan minyak 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensitif pada asam lemak bebas dalam minyak - Penyabunan bisa terjadi jika asam lemak bebas dalam minyak mengandung lebih dari 2%. - Penyabunan dapat berkurang dalam

Jenis Katalis	Kelebihan	Kekurangan
	<p>metoda dalam pembuatan biodiesel</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kondisi reaksi ringan dan memerlukan energi yang sedikit - NaOH dan KOH merupakan katalis basa karena harga terjangkau dan ketersediaannya banyak. 	<p>karena masalah produk yang murni</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lebih banyak menghasilkan air limbah dalam pemurnian
Katalis basa heterogen	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat digunakan kembali - Mudah dipisahkan dari produk - Relatif cepat bereaksi daripada katalis asam transesterifikasi - Kondisi reaksi ringan dan memerlukan energi yang lebih sedikit. - Waktu hidup katalis yang lama 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensitif pada asam lemak bebas dalam minyak sesuai dari sifat dasarnya - Penyabunan bisa terjadi jika asam lemak bebas dalam minyak mengandung lebih dari 2%. - Penyabunan dapat dikurangi dalam menghasilkan biodiesel disebabkan masalah produk yang murni - Perbandingan molar alkohol lebih besar daripada minyak - Menghasilkan air limbah dari reaksi pemurnian. - Terbatasnya difusi
Katalis asam homogen	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak sensitif pada asam lemak bebas dan air dalam minyak 	<ul style="list-style-type: none"> - Waktu reaksi pendek - Susah memisahkan

Jenis Katalis	Kelebihan	Kekurangan
	<ul style="list-style-type: none"> - Metoda ini lebih disukai jika minyak yang digunakan lebih rendah - Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dapat terjadi secara bersama - Reaksi penyabunan dapat dihindari - Biodiesel yang dihasilkan banyak 	<ul style="list-style-type: none"> - katalis dari produk
Katalis asam heterogen	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak sensitif pada asam lemah dan air dalam minyak - Metoda lebih disukai jika menggunakan tingkat minyak lebih rendah - Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dapat terjadi secara bersama - Mudah memisahkan katalis dari produk - Kemungkinan mudah untuk digunakan kembali dan diperbarui - Dapat didaur ulang 	<ul style="list-style-type: none"> - Waktu reaksi yang singkat - Reaksi samping yang tidak menguntungkan - Biaya lebih mahal - Kondisi reaksi tinggi dan waktu reaksi yang lama - Membutuhkan energi yang banyak - Pencucian sisi aktif katalis dihasilkan pada produk yang terkontaminasi
Katalis enzim	<ul style="list-style-type: none"> - Terjadi reaksi penyabunan - Membutuhkan tahap pemurnian - Ramah lingkungan 	<ul style="list-style-type: none"> - Waktu reaksi yang lebih lambat - Biaya yang mahal - Sensitif terhadap alkohol, sejenis

Jenis Katalis	Kelebihan	Kekurangan
	dan tidak polusi	deaktivasi enzim - Enzim tidak aktif dan terdenaturasi dapat menyebabkan penurunan pembentukan biodiesel

B. Katalis Silika-Titania ($\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$)

Silika-titania merupakan salah satu oksida biner yang penting dalam kelompok titanium silika memiliki aplikasi yang secara luas dalam bidang industri dan penelitian akademik. Silika-titania memiliki sifat seperti kestabilan termal, mekanik yang kuat, transparan dan luas permukaan silika titania lebih besar dibandingkan dengan titania murni (Nizar et al., 2014).

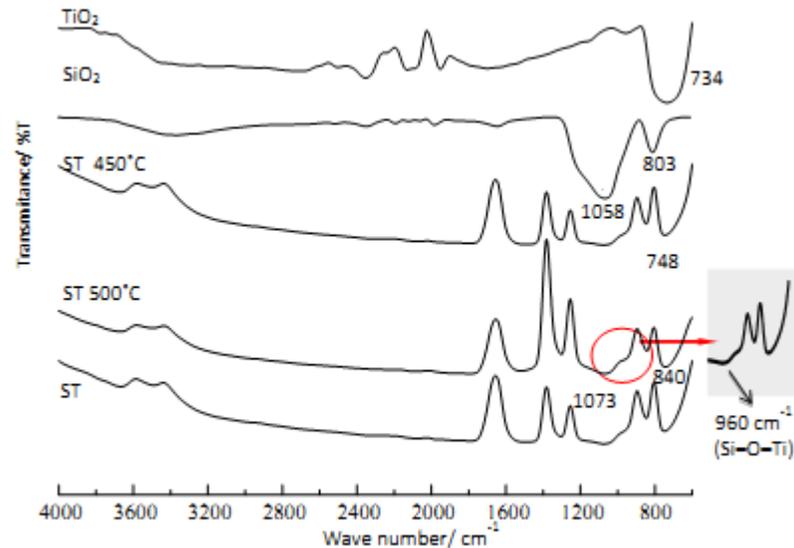
Titania merupakan oksida golongan (IV) dengan lambang TiO_2 atau titanium oksida. Titania merupakan salah satu material yang sangat menarik untuk diminati karena kestabilan titania dalam kondisi tidak biasa seperti rendah dan tinggi pH (air stabil) murah dan tidak berbahaya. Titania merupakan bubuk putih memiliki morfologi kristal yaitu brokit, anatase dan rutil. Metoda sintesis dan bahan dasar biasanya mempengaruhi bentuk fasa pada titania. Pada saat pemanasan amorf titania dibawah $450\text{ }^\circ\text{C}$ akan membentuk anatase, sedangkan dibawah $800\text{ }^\circ\text{C}$ membentuk rutil dan terkadang brokit (Nizar, et al.,2013).

Titania telah dilaporkan memiliki dua kekurangan utama yaitu, kurang stabilnya pada saat pemanasan dan memiliki luas permukaan yang kecil. Kurang

stabilnya titania pada saat pemanasan dapat digambarkan pada transformasi bentuk anatase menjadi rutil. Di samping itu, titania memiliki luas permukaan yang kecil menyebabkan aktivitas katalis terbatas. Aktivitas katalis titania (TiO_2) dapat ditingkatkan dengan penambahan dopan silika. Silika memiliki luas permukaan yang besar, stabil pada saat pemanasan, transparan dan penyusun yang baik untuk mengatasi kelemahan titania. Sintesis silika-titania dilakukan dengan metoda solid-state. Metoda solid state adalah suatu metode dimana prekursoranya dari padatan-padatan. Metoda solid state dipilih karena lebih praktis dan menghasilkan produk lebih melimpah daripada metoda lainnya (Kalmar et al., 2013).

C. FTIR (*Fourier Transform InfraRed*)

FTIR merupakan metoda analisis yang digunakan untuk mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut. Pada absorbansi yang diserap oleh tiap-tiap senyawa dapat dibedakan dan dianalisis. Spektrum FTIR yang dihasilkan yaitu informasi data yang menggambarkan secara menyeluruh karakteristik kimia suatu senyawa. Perubahan yang terjadi pada posisi pita dan intensitasnya dalam spectrum FTIR akan berhubungan dengan perubahan komposisi kimia dalam suatu senyawa (Mueller et al., 2013).



Gambar 2.2 FTIR spektrum TiO_2 , SiO_2 , dan Silika-titania

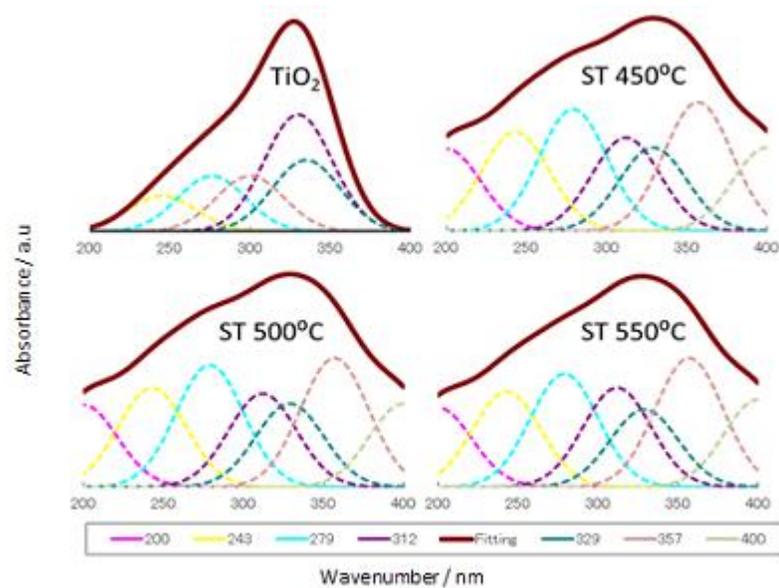
Spektrum FTIR dari $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ memiliki beberapa pita serapan utama pada panjang gelombang masing-masing dari 3668 cm^{-1} , 3429 cm^{-1} , 1073 cm^{-1} , 960 cm^{-1} , 840 cm^{-1} , dan 784 cm^{-1} . Pita serapan yang luas pada panjang gelombang 3668 cm^{-1} dan 3429 cm^{-1} menunjukkan vibrasi -OH dari permukaan sampel. Penyerapan pita -OH disebabkan karena keberadaan uap air yang dihasilkan selama proses karakterisasi FTIR. Penyerapan pita lainnya yang diamati adalah pita lebar yang lemah pada gelombang 1073 cm^{-1} dan pita serapan lemah pada 840 cm^{-1} . Pita serapan itu terkait vibrasi peregangan asimetris dan simetris. Selain itu, penyerapan pita lebar yang lemah pada bilangan gelombang 784 cm^{-1} dikaitkan dengan getaran Ti-O-Ti (Nizar et al., 2018).

Penyerapan pita yang sangat kecil pada bilangan gelombang 960 cm^{-1} disebabkan oleh getaran ikatan Si-O-Ti . Ikatan ini merupakan indikasi dari interaksi

kimia antara SiO_2 dan TiO_2 . Semakin banyak ikatan Si-O-Ti. Ikatan ini merupakan indikasi dari interaksi kimia antara SiO_2 dan TiO_2 . Semakin banyak ikatan Si-O-Ti yang terbentuk mengindikasikan lebih banyak fraksi titanium tetrahedral yang dihasilkan SiO_2 dan TiO_2 . Pembentukan ikatan Si-O-Ti diverifikasi dan dikonformasi oleh penyerapan pita dekonvolusi spektra DR UV-Vis (Nizar et al., 2018).

D. DR UV-Vis (Diffuse Reflectance Ultraviolet Visible)

DR UV-Vis merupakan metoda dalam menganalisis sampel bubuk atau kristal dan juga digunakan dalam analisis sampel padat. Prinsip DR UV-Vis adalah berdasarkan dengan transisi elektron yang terjadi dalam molekul orbital, atom, ion atau dalam bentuk padat. Penyerapan sinar tampak atau ultraviolet yang menghasilkan transisi di antara tingkat energi elektronik disebut spektroskopi elektronik. Transisi tersebut umumnya terjadi antara orbital bonding atau orbital pasangan elektron bebas dan orbital anti bonding. Agar elektron pada ikatan sigma tereksitasi maka diperlukan energi paling tinggi dan akan memberikan serapan pada 120-200 nm. Daerah ini dikenal pengukuran vakum, karena tidak boleh ada udara saat melakukan pengukuran. Hal ini sukar dilakukan, disamping tidak banyak memberikan dalam penentuan struktur (Kalmar et al., 2013).



Gambar 2.3 Dekonvolusi Spectrum DR UV-Vis TiO_2 dan Silika-Titania

Berdasarkan perhitungan dekonvolusi penyerapan pita pada 200, 242, dan 279 nm adalah fraksi titanium tetrahedral dan pada 312, 329, 358, dan 400 nm adalah fraksi titanium oktahedral. Padatan TiO_2 cenderung membentuk fraksi oktahedral daripada fraksi tetrahedral. Namun demikian, dengan penyisipan TiO_2 ke dalam SiO_2 fraksi yang terbentuk adalah fraksi titanium tetrahedral (Nizar et al.,2018).

E. Sifat-sifat Fisika Biodiesel

Menurut (Dewajani, 2011) karakteristik sifat fisika biodiesel minyak sawit sebagai berikut:

1. Densitas

Densitas merupakan sifat fisik yang berkaitan dengan nilai kalori dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar. Semakin ringan bahan bakar semakin rendah pula massa jenisnya dan sebaliknya semakin berat bahan

bakar semakin tinggi masa jenisnya. Sebagian besar penelitian karakteristik biodiesel yang dihasilkan berada dalam rentang standar yang ditetapkan. Biodiesel dengan massa jenis 860 kg/m^3 dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna. Jika biodiesel memiliki massa jenis melebihi ketentuan akan menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna.

2. Viskositas

Viskositas merupakan tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi yang biasanya dinyatakan dalam waktu yang diperlukan untuk mengalir pada jarak tertentu. Viskositas yang terlalu tinggi akan membuat bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang lebih besar sehingga akan mengakibatkan deposit pada mesin. Tetapi jika viskositas terlalu rendah akan memproduksi spray yang terlalu halus sehingga terbentuk daerah rich zone yang menyebabkan terjadinya pembentukan jelaga.

3. Bilangan Asam

Bilangan asam merupakan jumlah asam lemak bebas yang terkandung dalam suatu sampel bahan bakar. Asam lemak bebas adalah asam monokarboksilat jenuh maupun tak jenuh yang terjadi secara alami dalam lemak atau minyak. Tingginya jumlah asam lemak bebas menyebabkan tingginya nilai asam. Nilai asam lemak dinyatakan sebagai mg KOH yang diperlukan untuk menetralkan 1 g FAME. Standar ASTM D664 dan EN 14014 nilai asam maksimum untuk biodiesel adalah 0.5 mg KOH/g.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Suhu optimum dari reaksi antara minyak sawit dan jelantah dengan metanol dalam pembuatan biodiesel pada waktu reaksi 5 jam dan 7% jumlah katalis masing-masing adalah 65⁰C dan 55⁰C.
2. Sifat-sifat fisika produk biodiesel seperti laju alir, densitas dan bilangan asam dari minyak sawit (bimoli) sebesar 0,93 mL/s, 0,8612 g/mL dan 0,748 mgKOH/g sedangkan minyak jelantah sebesar 0,873 mL/s, 0,8561 g/mL dan 1,122 mgKOH/g.
3. Katalis silika-titania merupakan katalis heterogen yang bersifat asam.

B. Saran

Pada penelitian yang telah dilakukan disarankan agar menggunakan pelarut yang tepat untuk sintesis katalis silika-titania sehingga menghasilkan fraksi titanium tetrahedral yang tinggi dan minyak jelantah yang digunakan mengandung FFA yang lebih tinggi agar menghasilkan persentase konversi yang tinggi.

REFERENSI

- Ali, E. N., & Tay, C. I. (2013). Characterization of biodiesel produced from palm oil via base catalyzed transesterification. *Procedia Engineering*, *53*, 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.002>
- Bilgin, A., Gulum, M., & Andri, I. (2018). ScienceDirect ScienceDirect Effects of The various transesterification parameters on the some fuel Symposium on parameters District Heating on and the Cooling Effects of various transesterification some fuel properties of hazelnut oil methyl ester of hazelnut oil methyl ester Assessing properties the feasibility of using the heat demand-outdoor temperature function for Atilla. *Energy Procedia*, *147*, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.07.033>
- Dewajani, H. (2011). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit Secara Kontinyu Dalam Model Reaktor Berisian, 1–6.
- 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, *7*(4), 1120–1132.
- Elkady, M. F., Ahmed Zaatout, and Ola Balbaa. 2015. “Production of Biodiesel from Waste Vegetable Oil via KM Micromixer.” *Hindawi Publishing Corporation* 2015.
- García-Martín, J. F., Barrios, C. C., Alés-Álvarez, F. J., Dominguez-Sáez, A., & Alvarez-Mateos, P. (2018). Biodiesel production from waste cooking oil in an oscillatory flow reactor. Performance as a fuel on a TDI diesel engine. *Renewable Energy*, *125*, 546–556. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.002>
- Gashaw, A., & Getachew, T. (2015). A Review on Biodiesel Production as Alternative Fuel, *4*(2), 80–85.
- Hidayat, A., Rochmadi, Wijaya, K., Nurdiawati, A., Kurniawan, W., Hinode, H., ... Budiman, A. (2015). Esterification of Palm Fatty Acid Distillate with High Amount of Free Fatty Acids Using Coconut Shell Char Based Catalyst. *Energy Procedia*, *75*, 969–974. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.301>
- Kalmar, U., Manan, Y., Sari, R., Sundari, R., Putra, A., & Dj, L. (2013). The Correlation of Biodiesel Physical Properties and Titanium Tetrahedral Coordination in Silica-Titania Prepared by Different Moles Ratio of Titania

Precursors.

- Kiss, A. A. (2014). Process intensification technologies for biodiesel production: Reactive separation processes. *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*, 2016(9783319035536). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-03554-3>
- Lani, N. S., Ngadi, N., & Taib, M. R. (2017). CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS Parametric Study on the Transesterification Reaction by Using CaO / Silica Catalyst, 56, 601–606. <https://doi.org/10.3303/CET1756101>
- Mat Yasin, M. H., Mamat, R., Najafi, G., Ali, O. M., Yusop, A. F., & Ali, M. H. (2017). Potentials of palm oil as new feedstock oil for a global alternative fuel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79(April 2016), 1034–1049. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.186>
- Mueller, D., & Marder, L. (2013). Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and Multivariate Analysis for Identification of Different Vegetable Oils Used in Biodiesel Production, 4258–4271. <https://doi.org/10.3390/s130404258>
- Nizar, U. K., Efendi, J., Yuliati, L., Gustiono, D., & Nur, H. (2013). A new way to control the coordination of titanium (IV) in the sol-gel synthesis of broom fibers-like mesoporous alkyl silica-titania catalyst through addition of water. *Chemical Engineering Journal*, 222, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.02.053>
- Nizar, U. K., Hidayatul, J., Sundari, R., Bahrizal, B., Amran, A., Putra, A., ... Dewata, I. (2018). The Effect of Titanium Tetrahedral Coordination of Silica-Titania Catalyst on the Physical Properties of Biodiesel. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 335(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/335/1/012036>
- Rathore, V., Newalkar, B. L., & Badoni, R. P. (2016). Processing of vegetable oil for biofuel production through conventional and non-conventional routes. *Energy for Sustainable Development*, 31, 24–49. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2015.11.003>
- Shao, G. N., Sheikh, R., Hilonga, A., Lee, J. E., Park, Y. H., & Kim, H. T. (2013). Biodiesel production by sulfated mesoporous titania-silica catalysts synthesized by the sol-gel process from less expensive precursors. *Chemical Engineering Journal*, 215–216, 600–607. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.11.059>
- Sootchiewcharn, N., Attanatho, L., & Reubroycharoen, P. (2015). *Biodiesel Production from Refined Palm Oil using Supercritical Ethyl Acetate in A Microreactor*. *Energy Procedia* (Vol. 79). Elsevier B.V.

<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.560>

Talha, N. S., & Sulaiman, S. (2016). OVERVIEW OF CATALYSTS IN BIODIESEL PRODUCTION, *11*(1), 439–448.

Thanh, L. T., Okitsu, K., Boi, L. Van, & Maeda, Y. (2012). Catalytic Technologies for Biodiesel Fuel Production and Utilization of Glycerol: A Review, 191–222. <https://doi.org/10.3390/catal2010191>

U. Nizar, J. Hidayatul, R. S. et al. (2018). The Effect of Titanium Tetrahedral Coordination of Silica-Titania Catalyst on the Physical Properties of Biodiesel The Effect of Titanium Tetrahedral Coordination of Silica- Titania Catalyst on the Physical Properties of Biodiesel. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *335*(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/335/1/012036>

Wang, Y. T., Fang, Z., & Zhang, F. (2018). Esterification of oleic acid to biodiesel catalyzed by a highly acidic carbonaceous catalyst. *Catalysis Today*. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2018.06.041>

Zein, Y. M., Anal, A. K., Prasetyoko, D., & Qoniah, I. (2016). Biodiesel Production from Waste Palm Oil Catalyzed by Hierarchical ZSM-5 Supported Calcium Oxide, *16*(1), 98–104.

Zurriyati, Z., Sundari, R., Putra, A., Dj, L., Nasra, E., Kurniawati, D., & Nizar, U. K. (2019). The Effect of Silica-Titania Catalyst Loading on the Production of Biodiesel from Palm and Waste Cooking Oil Abstract : *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, *2*(3), 96–101.