

**ESTERIFIKASI DISTILAT ASAM LEMAK MINYAK SAWIT
(DALMS) MENGGUNAKAN KATALIS ASAM PADAT WO_3-TiO_2**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains bidang studi Kimia pada Fakultas MIPA

Oleh :

MHD. TAUFIQ YAMARTIKA

08091003060



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2014

3
665.307
mul
e
2014

25911/20172

**ESTERIFIKASI DISTILAT ASAM LEMAK MINYAK SAWIT
(DALMS) MENGGUNAKAN KATALIS ASAM PADAT $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains bidang studi Kimia pada Fakultas MIPA

Oleh :

MHD. TAUFIQ YAMARTIKA

08091003060



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2014

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Esterifikasi Distilat Asam Lemak Minyak Sawit
(DALMS) Menggunakan Katalis Asam Padat WO_3 -
 TiO_2
Nama Mahasiswa : Mhd. Taufiq Yamartika
NIM : 08091003060
Jurusan : Kimia

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 27 Januari 2014.

Indralaya, 22 Januari 2014

Pembimbing:

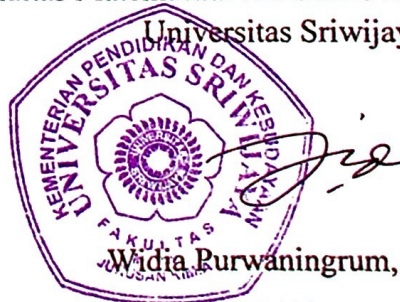
1. Addy Rachmat, M.Si

(.....)

2. Widia Purwaningrum, M.Si

(.....)

Mengetahui,
a.n Ketua Jurusan Kimia
Sekretaris Jurusan
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*
Universitas Sriwijaya



Widia Purwaningrum, M.Si

NIP. 197304031999032001

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Esterifikasi Distilat Asam Lemak Minyak Sawit
(DALMS) Menggunakan Katalis Asam Padat WO_3 -
 TiO_2

Nama Mahasiswa : Mhd. Taufiq Yamartika

NIM : 08091003060

Jurusan : Kimia

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada
tanggal 27 Januari 2014 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui dengan
masukan Panitia Sidang Ujian Skripsi.

Indralaya, 27 Januari 2014

Ketua :

1. Addy Rachmat, M.Si

(.....)

Anggota :

2. Widia Purwaningrum, M.Si

(.....)

3. Aldes Lesbani, Ph.D

(.....)

4. Dr. Hasanudin, M.Si

(.....)

5. Nova Yuliasari, M.Si

(.....)

Mengetahui
a.n Ketua Jurusan Kimia
Sekretaris Jurusan
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya


Widia Purwaningrum, M.Si
NIP. 197304031999032001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Mhd. Taufiq Yamartika

NIM : 08091003060

Fakultas/Jurusan : MIPA/KIMIA

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 27 Januari 2014

Penulis,

Mhd. Taufiq Yamartika

NIM.08091003060

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai aktivis akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Mhd. Taufiq Yamartika
NIM : 08091003060
Fakultas/Jurusan : MIPA/KIMIA
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : **“Esterifikasi Distilat Asam Lemak Minyak Sawit (DALMS) Menggunakan Katalis Asam Padat WO_3-TiO_2 ”**. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berlaku menyimpan, mengalih media/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 27 Januari 2014
Yang menyatakan,

Mhd. Taufiq Yamartika
NIM.08091003060

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

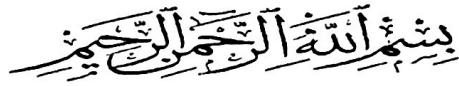
Tugas kita bukanlah untuk berhasil. Tugas kita adalah untuk mencoba, karena di dalam mencoba itulah kita menemukan dan belajar membangun kesempatan untuk berhasil

"Sebaik-baik manusia adalah manusia yang bermanfaat (kebaikannya) kepada manusia lainnya" (H.R. Qadla'ie dari Jabir)

Allah SWT begitu sayang padaku
Hingga ku tak henti diuji demi membentuk diri
Menjadi lebih berarti....
Begitu sayang padaku, hingga ku terhenti diuji
Karena Dia memberiku jalan akhir yang indah dan abadi...
Hingga ku mengerti arti Sabar dan Ikhlas di jalan-Nya...
Tanpa berpaling dari-Nya, kupersembahkan karya pikirku untuk

- Kedua Orangtuaku tersayang
 - Saudara-saudariku
 - Someone Special
- Semua Dosen dan teman-teman ku
 - Almamaterku

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Esterifikasi Distilat Asam Lemak Minyak Sawit (DALMS) Menggunakan Katalis Asam Padat WO_3-TiO_2 ”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di bidang studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Dalam melaksanakan penelitian, penulisan hingga terwujudnya skripsi ini penulis menyadari tanpa bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak baik berupa moril maupun material penulis tidak akan mampu menyelesaikan skripsi ini, maka Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Addy Rachmat, M.Si selaku pembimbing utama yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing penulis demi selesainya penyusunan skripsi.
2. Ibu Widia Purwaningrum, M.Si selaku pembimbing pembantu yang berusaha semaksimal mungkin membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.
3. Bapak Aldes Lesbani, Ph.D ; Bapak Dr. Hasanudin, M.Si dan Ibu Nova Yuliasari, M.Si selaku dosen pembahas tugas akhir.
4. Bapak Zainal Fanani, S.Si, M.Si selaku pembimbing akademik.
5. Bapak Dr. Suheryanto, M.Si selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.

6. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
7. Kedua orangtuaku atas segenap cinta dan kasih sayang yang tiada henti tercurah, yang telah berkorban harta, waktu, dan tenaga untuk keberhasilanku, hanya Allah yang dapat membalas semuanya dengan Surga-Nya yang terindah.
8. Seluruh keluarga ku untuk semua cinta dan kasih sayang, kebersamaan, doa, dukungan, motivasi, nasehat dan semangat untuk tetap maju.
9. Teman – teman seperjuangan ”Team KF’09 dan *new* Team KF’010” , frengky, ustadi, kk bambang, kk ardi, mizwar, bik ida, elisha, risna, vide, nesir angel, marini atas kebaikan, kebersamaan, pengertian, dan bantuan kalian selama ini.
10. Buat ”Someone Spesial” atas dukungan dan kecuekkannya.
11. Seluruh teman – teman angkatan 2009 baik yang udah duluan ninggalin kampus maupun yang belum serta seluruh almamater Mipa Kimia atas kerjasamanya selama ini. Good Luck for all.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon saran dan kritik yang membangun dari pembaca sehingga skripsi ini lebih sempurna dan semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Amin

Indralaya, 27 Januari 2014

Penulis

ESTERIFICATION OF PALM FATTY ACID DISTILLATE (PFAD) USED WO₃-TiO₂ SOLID ACID CATALYST

By :

**MHD TAUFIQ YAMARTIKA
08091003060**

ABSTRACT

The research about esterification of palm fatty acid distillate using solid acid catalyst WO₃-TiO₂ had been done. Esterification process of palm fatty acid distillate conducted at temperature 60°C, reaction times varied by 1 hour, 1.5 hours and 2 hours with ratio of molar PFAD : methanol was 1: 12, the mixer speed of 1000 rpm and used WO₃-TiO₂ 15% (w/w) catalyst ratio varried by 5%, 10% and 15% of the total weight PFAD and methanol. The product of reaction used WO₃-TiO₂ catalyst compared to the product of reaction without WO₃-TiO₂ catalyst. The product resulted were analyzed to determine acid numbers, viscosity and density. Optimum condition was at catalyst ratio 5% of the total weight PFAD and methanol with a reaction time of 1 hour resulted weight of product is 38.977 g with an acid number 6.170 mg/KOH, viscosity 2.076 mm²/s and density 0.818 g/ml. The value of resulting in optimum condition has a rate that exceeds the SNI standar acid number as well as viscosity and density values are lower than the standar SNI.

Key words : solid acid catalyst, WO₃-TiO₂, palm fatty acid distillate, esterification

ESTERIFIKASI DISTILAT ASAM LEMAK MINYAK SAWIT (DALMS) MENGUNAKAN KATALIS ASAM PADAT WO_3-TiO_2

Oleh :

**MHD TAUFIQ YAMARTIKA
08091003060**

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang esterifikasi distilat asam lemak minyak sawit menggunakan katalis asam padat WO_3-TiO_2 . Proses esterifikasi distilat asam lemak minyak sawit dilakukan pada temperatur $60^\circ C$, dengan waktu reaksi 1 jam, 1,5 jam dan 2 jam dengan rasio molar DALMS : metanol adalah 1 : 12 dengan kecepatan pengadukan 1000 rpm dan katalis WO_3-TiO_2 15% (b/b) dengan rasio katalis 5%, 10% dan 15% terhadap berat total DALMS dan metanol. Produk dari reaksi yang dihasilkan dengan menggunakan katalis WO_3-TiO_2 dibandingkan dengan produk dari reaksi yang dihasilkan tanpa menggunakan katalis WO_3-TiO_2 . Produk yang dihasilkan dianalisa untuk menentukan angka asam, viskositas dan densitas. Kondisi optimum yang dihasilkan yaitu pada rasio katalis 5% terhadap berat total DALMS dan metanol dengan waktu reaksi 1 jam menghasilkan berat produk sebesar 38,977 g yang memiliki angka asam sebesar 6,170 mg/KOH, viskositas sebesar 2,076 mm^2/s dan densitas sebesar 0,818 g/ml. Nilai yang dihasilkan pada kondisi optimum memiliki angka asam yang lebih tinggi dari standar SNI serta memiliki nilai viskositas dan densitas yang lebih rendah dari standar SNI.

Kata kunci : katalis asam padat, WO_3-TiO_2 , distilat asam lemak minyak sawit, esterifikasi

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRACT	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Distilat Asam Lemak Minyak Sawit (DALMS)	6
2.2. <i>Fatty Acid Metyl Ester</i> (FAME) atau Biodiesel	8
2.3. Reaksi Esterifikasi	9
2.4. Viskositas	11
2.5. Densitas	13
2.6. Katalis	14
2.6.1. Penggolongan Katalis	15
2.6.2. Dasar-dasar Karakterisasi Katalis	17

2.6.2.1. Pemilihan Metode Karakterisasi Katalis	17
2.6.2.2. Sifat Partikel Katalis	18
2.6.3. Porositas dan Luas Permukaan Katalis	18
2.6.4. Keasaman	19
2.7. Logam Tungsten Oksida (WO_3).....	20
2.8. Logam Titanium Oksida (TiO_2)	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2. Alat dan Bahan	23
3.2.1. Alat	23
3.2.2. Bahan	23
3.3. Prosedur Penelitian	24
3.3.1. Preparasi Katalis WO_3 - TiO_2	24
3.3.2. Uji Keasaman	24
3.3.3. Konversi DALMS menjadi Metil Ester	25
3.3.4. Penentuan Angka Asam dari Produk Reaksi Esterifikasi	26
3.3.5. Penentuan Viskositas dari Produk Reaksi Esterifikasi	27
3.3.6. Penentuan Densitas dari Produk Reaksi Esterifikasi	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Keasaman	29
4.2. Aplikasi Katalis WO_3 - TiO_2 sebagai Katalis Asam Padat pada Reaksi Esterifikasi DALMS	31
4.3. Karakteristik Produk Reaksi	34
4.3.1. Angka Asam	34
4.3.2. Viskositas	37
4.3.3. Berat Jenis atau Densitas.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran.....	41

DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	47
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	65

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Asam-asam lemak yang terkandung dalam DALMS.....	7
Tabel 2. Parameter biodiesel menurut SNI.....	9
Tabel 3. Karakteristik katalis heterogen dan homogen.....	16
Tabel 4. Perbandingan % TiO_2 dengan WO_3	24

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Keasaman katalis $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$	30
Gambar 2. Grafik berat produk terhadap perubahan waktu reaksi dan berat katalis $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$	32
Gambar 3. Hasil analisa angka asam dari berbagai waktu reaksi dan berat katalis	35
Gambar 4. Hasil analisa viskositas dari berbagai waktu reaksi dan berat katalis	37
Gambar 5. Hasil analisa densitas dari berbagai waktu reaksi dan berat katalis	39

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Preparasi Katalis WO_3-TiO_2	48
Lampiran 2. Perhitungan Keasaman Katalis WO_3-TiO_2	49
Lampiran 3. Karakteristik Produk Reaksi	50
Lampiran 4. Karakteristik Distilat Asam Lemak Minyak Sawit (DALMS)....	51
Lampiran 5. Pengukuran dan Perhitungan Angka Asam	54
Lampiran 6. Pengukuran dan Perhitungan Viskositas	57
Lampiran 7. Pengukuran dan Perhitungan Densitas	59
Lampiran 8. Skema Kerja	61
Lampiran 9. Foto Alat dan Bahan Penelitian	63

BAB I

PENDAHULUAN



1.1. Latar Belakang

Ketersediaan bahan bakar fosil yaitu minyak bumi dari tahun ke tahun semakin menipis. Hal ini dikarenakan kebutuhan yang terus meningkat sementara sumber daya yang tersedia semakin berkurang. Kondisi ini memicu negara-negara industri untuk mengembangkan sumber energi alternatif seperti energi matahari dan energi yang bersumber dari biomassa. Bahan bakar pengganti tersebut haruslah ramah terhadap lingkungan, tidak seperti bahan bakar fosil yang mengakibatkan terjadinya pemanasan atmosfer secara global, serta menghasilkan gas-gas yang sangat berbahaya (Darnoko dan Cheriyan, 2000).

Minyak bumi saat ini telah dicoba untuk digantikan secara bertahap dengan mengurangi konsumsinya melalui pencampuran bahan bakar. Salah satu bahan bakar yang mampu menggantikan posisi minyak bumi adalah biodiesel atau *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) (Darnoko dan Cheriyan, 2000). Bahan bakar biodiesel ini salah satunya didapat dengan esterifikasi terhadap Distilat Asam Lemak Minyak Sawit (DALMS) atau di pabrik dikenal dengan nama *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD). DALMS merupakan suatu produk samping yang dihasilkan dari proses pemurnian kelapa sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO) yang banyak mengandung asam lemak bebas yaitu $> 80\%$ (Chongkhong, 2007). Kandungan asam lemak bebas yang tinggi membuat DALMS lebih mudah

diesterifikasi, karena esterifikasi biasanya dilakukan pada minyak yang mengandung asam lemak bebas yang tinggi (Hambali, 2008).

Reaksi esterifikasi untuk memproduksi biodiesel umumnya menggunakan katalis asam homogen seperti H_2SO_4 atau HCl , meskipun katalis asam heterogen dan enzim juga dapat digunakan. Katalis homogen ini kurang efektif karena memiliki kelemahan yaitu bersifat korosif, beracun dan sulit dipisahkan dari produk sehingga akan meningkatkan biaya produksi (Juan, 2007).

Katalis yang mengandung oksida tungsten digunakan sebagai katalis asam heterogen sejak abad ke 20. Katalis tersebut menjadi fokus penelitian sejak 30 tahun yang lalu dan mendapatkan hasil bahwa material ini aktif sebagai katalis *hydrocracking*, dehidrogenasi, isomerisasi, dan pembentukan alkohol akan tetapi membutuhkan suhu yang tinggi karena oksida tungsten memiliki permukaan yang kecil dan bersifat asam lemah. Densitas dan kekuatan sifat asam WO_3 dapat ditingkatkan dengan cara menggabungkan oksida WO_3 dengan material-material yang memiliki luas permukaan yang besar seperti TiO_2 , Al_2O_3 , atau ZrO_2 (Barton, *et al.* 1998). Pada penelitian ini, oksida WO_3 digabungkan dengan padatan pendukung TiO_2 untuk meningkatkan luas permukaan dan keasaman dengan membentuk padatan berupa WO_3-TiO_2 . Padatan WO_3-TiO_2 diharapkan dapat bekerja sebagai katalis heterogen sebagai pengganti katalis homogen pada reaksi esterifikasi. Katalis heterogen ini memiliki keunggulan dari katalis homogen yaitu mudah dipisahkan dari produk serta dapat dipakai berulang kali (Peters, 2008).

Simanungkalit (2013), telah melakukan uji porositas yang mencakup luas permukaan, volume total pori, jejari pori rerata serta uji keasaman terhadap katalis

$\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ (b/b) dan diperoleh hasil yang menunjukkan katalis $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ 5% memiliki volume total pori dan jejari pori rerata yang paling besar akan tetapi pada komposisi ini memiliki luas permukaan yang kecil. Nilai luas permukaan tertinggi terdapat pada komposisi 2,5% dan 15%, pada katalis $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ 2,5% dispersi WO_3 tidak memberikan puncak difraktogram sedangkan pada katalis $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ 15% memiliki lebih banyak difraktogram khas yang mewakili WO_3 . Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa luas permukaan yang paling besar adalah pada katalis $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ 15%. Untuk uji keasaman nilai yang paling besar juga ditunjukkan oleh katalis $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ 15%, hal ini menunjukkan bahwa banyaknya basa yang teradsorpsi pada komposisi ini.

Katalis $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ (b/b) yang memiliki keasaman yang paling tinggi digunakan sebagai katalis heterogen pada reaksi esterifikasi. Reaksi esterifikasi untuk membentuk metil ester dari DALMS dipengaruhi oleh suhu reaksi, waktu reaksi dan berat katalis terhadap berat total DALMS dan metanol (Chongkhong, 2007). Yelmida, (2012) telah melakukan reaksi esterifikasi DALMS menggunakan metanol dan katalis H-Zeolit. Hasil penelitian tersebut menunjukkan hasil tertinggi biodiesel didapatkan pada suhu 60°C . Oleh karena itu, pada penelitian ini untuk memperoleh produksi biodiesel yang optimal maka perlu dilakukan penelitian optimasi waktu reaksi dan optimasi berat katalis terhadap berat total DALMS dan metanol. Produk reaksi yang dihasilkan dikarakterisasi untuk mengetahui angka asam, viskositas dan densitas.

1.2. Rumusan Masalah

DALMS dapat dikonversi menjadi metil ester melalui reaksi esterifikasi. Reaksi tersebut dikatalisis oleh asam, yang biasanya dalam industri menggunakan katalis asam homogen. Penggunaan katalis asam homogen ini banyak menimbulkan kerugian seperti kerusakan alat yang berupa korosi, sehingga diperlukan adanya katalis heterogen. Penggunaan katalis heterogen dapat mempermudah proses pemisahan katalis dari hasil reaksi. Katalis $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ diharapkan dapat bekerja sebagai katalis pada reaksi esterifikasi DALMS menjadi metil ester. Reaksi esterifikasi untuk membentuk metil ester dipengaruhi oleh suhu reaksi, waktu reaksi, dan berat katalis terhadap berat total DALMS dan metanol. Oleh karena itu perlu dilakukan variasi waktu dan variasi berat katalis terhadap berat total DALMS dan metanol untuk mengetahui kondisi optimum dari reaksi esterifikasi DALMS. Kondisi optimum reaksi ditentukan berdasarkan berat produk reaksi terbanyak. Karakterisasi kualitas metil ester yang dihasilkan ditentukan berdasarkan angka asam, viskositas dan densitas.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Menentukan komposisi WO_3 dan TiO_2 yang menghasilkan tingkat keasaman tertinggi yang digunakan untuk reaksi esterifikasi.
2. Menentukan kondisi optimum reaksi esterifikasi dengan katalis $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ berdasarkan berat produk reaksi terbanyak.

3. Menentukan sifat fisik produk yang dihasilkan oleh kondisi optimum reaksi yang berupa angka asam, viskositas dan densitas berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif dalam pemanfaatan DALMS menjadi metil ester dengan menggunakan katalis $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ sebagai katalis heterogen sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J. R. dan Boudart, M. 1981. *Catalysis*. Vol.1. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York.
- Anonim. 1996. *Metode Kerja ASTM/IP*. Laboraturium Penelitian & Pengembangan, Permina Daerah Sumbagsel.
- ASTM. 2003. *Annual Book of ASTM Standards*, 5, 05.04. West Conshohocken : ASTM International.
- Atkins, P. W. 1997. *Kimia Fisika*. Jilid 2, Edisi Keempat, Alih Bahasa Irma Kartohadiprodjo, Erlangga, Jakarta.
- Atmaja. 2000. Studi pemurnian dan karakterisasi emulsifier campuran mono dan diasilgliserol yang diproduksi dari distilat asam lemak minyak sawit dengan teknik esterifikasi enzimatis menggunakan lipase *Rhizomucormiehei*. *Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian*, IPB.
- Augustine, R.L. 1996. *Heterogeneous Catalyst For The Sintetic Chemist*. Marcel Dekker, Inc.:New York.
- Auruma, T., Hartanto, D., Prasetyoko, D. 2010. Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dalam Minyak Jelantah Menggunakan Katalis H-ZSM-5 Mesopori Dengan Variasi Waktu Aging. *Jurnal Jurusan Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. Surabaya.
- Barton, David G., Soled, Stuart L., Iglesia, Enrique. 1998. *Solid acid catalysts based on supported tungsten oxides*. Department of Chemical Engineering, University of California at Berkeley. Berkeley.
- Bonnie, T.Y.B. and Mohtar, Y. 2009. Characteristics and Properties of Fatty Acid Distillates From Palm Oil. *Oil Palm Bulletin* 59:5-11.
- Bradin, D.S. 1996. Biodiesel Fuel, *US*. 5.578.090.
- Bustaman, S. 2009. Strategi Pengembangan Industri Biodiesel Berbasis Kelapa di Maluku. *Jurnal Litbang Pertanian*, Bogor.
- Carey, F. 1993. *Advanced Organic Chemistry Part B : Reaction a Syntesis*. Plenum Press, London.
- Darnoko D. and Cheryan, M. 2000. Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor. *Journal of Am Oil ChemSoc* 77: 1263 – 1267.

- Elizabeth dan Boyle. 1997. Monoglycerides in food system : Current and future uses. *Food Technology*, 51((8)).
- Gunlazuardi, J. 2001. *Fotokatalis pada Permukaan TiO₂ : Aspek Fundamental dan Aplikasinya*. Seminar Nasional Kimia Fisika II. Jakarta, 14 & 15 Juni 2001.
- Hambali, H. 2008. Optimasi Transesterifikasi Refinery Bleached Deodorized Palm Oil Menjadi Metil Ester Menggunakan Katalis Lithium Hidroksida. *Tesis USU : Medan*.
- Haryanto, B. 2002. Bahan Bakar Alternatif Biodiesel. *Jurnal Universitas Sumatera Utara*.
- Hesta, M. 2009. *Pengaruh Variasi Logam Molibdenum Terhadap Porositas Dan Keasaman Katalis Mo-Zeolit Alam Aktif*. Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Hui, Y.H. 1996. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. Edisi ke-5, volume ke-2. John Willey & Sons, Inc. : New York.
- Ismail, S. 2000. *Kinetika Kimia*. Cetakan Kedua. Universitas Sriwijaya : Indralaya.
- Istadi. 2011. *Teknologi Katalis Untuk Konversi Energi; Fundamental dan Aplikasi*. Graha Ilmu : Yogyakarta
- Jannah, R. 2008. Reaksi Transesterifikasi Trigliserida Menjadi Metil Ester. *Jurnal Kimia FMIPA UI*. Jakarta
- Juan, J.C., Zhang, J., Yarmo, M.A. 2007. 12-Tungstophosphoric acid supported on MCM-41 for esterification of fatty acid under solvent-free condition. *Jurnal of Molecular Catalysis A : Chemical*, 267, 265-271.
- Keenan, C. W., Kleinfelter, D. C., and Wood, J. H. 1979. *Ilmu Kimia Untuk Universitas*. Alih Bahasa Aloysius Hadyana Pudjaatmaka, Ph.D. Edisi ke-VI, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Ketaren, S. 2005. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. UI Press : Jakarta.
- Kinast, J.A. 2003. *Production of Biodiesel from Multiple Feedstocks and Properties of Biodiesel/Diesel Blends*. Final Report, National Renewable Energy Laboratory, Colorado.

- Kirk, R.E. and Othmer, D.F. 1992. *Encyclopedia of Chemical Technology*. The Interscience Encyclopedia Inc. : New York.
- Kusminingrum, Nanny. 2008. Bahan Bakar Nabati sebagai Salah Satu Alternatif untuk Mendukung Penggunaan Bahan Bakar “Ramah Lingkungan”. *Jurnal Jalan-Jembatan, Vol 25 (2), 154-163*.
- Larasati, R. 2009. *Karakterisasi Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar Dengan Variasi Waktu Reaksi Pada Proses Esterifikasi-Transesterifikasi*. Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya. Indralaya
- Lowell and Shield. 1984. *Powder Surface Area and Porosity*. Edisi II, Chapman and Hall, 2nd. New York.
- Mahon, D.J.1992. Survival *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* In Ice Cream For Use As a Probiotic Food. *Journal Dairy Sci. 75:1415-1412*.
- Mawardi. 2011. Konversi PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) Menjadi Biodiesel Dengan Menggunakan Katalis H-Zeolit. *Jurnal Kimia Universitas Riau. Pekanbaru*.
- Parker, S.P. 1993. *Encyclopedia of Physics*. Mc Graw Hill. Inc.: New York
- Peters, T.A. Niescs, E.B. and Keurentjes, J.T.F. 2008. *Application Catal, A. 317, 1, 113-119*.
- Prihandana, R., Hendroko, R. & Nuramin, M. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah, Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Jakarta : Angromedia Pustaka.
- Ramadhass, A.S., Jayaraj, S., & Muraleedharan, C. 2005. Biodiesel Production From High FFA Rubber Seed Oil. *Journal of Fuel, Vol. 84:335–340*.
- Rasyid, R. 2010. Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Katalis Pada Proses Esterifikasi Distilat Asam Lemak Minyak Sawit (DALMs) menjadi Biodiesel. *Jurnal Kimia Universitas Muslim Indonesia. Makassar*.
- Riska, M. 2010. *Pengaruh Variasi Temperatur dan Konsentrasi Minyak terhadap Rendemen dan Karakteristik Biodiesel dari Minyak Biji Kemiri (Aleurites Moluccana)*. Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya. Palembang
- Ruben, D.T. dan Yasinta, N.T. 2012. Tugas Pra Perancangan Pabrik Biodiesel dari Distilat Asam Lemak Minyak Sawit (DALMS) dengan Proses Esterifikasi. *Jurnal Fakultas Teknik UNDIP. Semarang*.

- S. Chongkhong, C., Tongurai, P., Chetpattananondh, C. Bunyakan. 2007. *Biodiesel Production by Esterification of Palm Fatty Acid Distillate*. Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, HatYai. Songkhla 90112. Thailand
- Sartika, D.(2009). *Penentuan Persen Volume Fraksi Minyak Mentah (Crude Petroleum) dengan Metode Distilasi secara ASTM D-86 di PT.Pertamina EP Region Sumatera Field Pangkalan Susu*. Kimia FMIPA USU. Medan
- Sears dan Zemansky. 1994. *Fisika untuk Universitas*. Jilid 1, Bina Cipta Bandung.
- Silviana, N.A. 2008. *Analisis Asam Lemak Bebas dari Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) dan Coconut Fatty Acid Distillate (CFAD)*. Skripsi Kimia Analisis FMIPA Universitas Sumatera Utara. Medan
- Simanungkalit, F. 2013. *Pengaruh Berat WO_3 Terhadap Porositas dan Keasaman Komposit WO_3-TiO_2* . Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya. Indralaya
- SNI. 2006. *Biodiesel*. SNI 04-7182-2006. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Soerawidjaja, T.H., Tahar, S., Siagian, U.W., Prakoso, T., Reksowardjo, I.K., Permana, K.S. 2005. *Studi Kebijakan Penggunaan Biodiesel di Indonesia, Kajian Kebijakan & Kumpulan Artikel Penelitian Biodiesel*. Menristek. MAKSI, SEAFast Center : IPB.
- Sohn, J. R., Park, M.Y. 1998. Preparation and characterization of tungsten oxide-zirconia catalyst, *Journal of Industrial and engineering chemistry*. Vol 4 No 2 84-93
- Sutiah. 2008. Studi Kualitas Minyak Goreng dengan Parameter Viskositas dan Indek Bias. *J.Vol 11. No.2* :53-58.
- Syah, A.N.A. 2005. *Biodiesel Jarak Pagar*. PT Agromedia Pustaka : Tangerang
- Syukri, S. 1999. *Kimia Dasar 2*. Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Tamba, P. 2012. *Studi Preparasi Katalis Oksida Logam dari Cangkang Bekicot (Achatina fulica) dan Aplikasinya dalam sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah*. Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Tambun, H., Syukur, M., Situmorang, M. 2009. *Analisa Pengaruh Temperatur Reaksi dan Konsentrasi Katalis KOH dalam Media Etanol Terhadap Perubahan Karakteristik Biodiesel Minyak Kelapa*. Tesis Sekolah Pasca Sarjana, USU.

- Tang, Y., Meng, M., Zhang, J., & Lu, Y. 2011. Efficient Preparation of Biodiesel from Rapeseed Oil Over Modified CaO. *Applied Energy*. Vol.88: 2735 – 2739.
- Van Gerpen, J.H. and B. Dvorak.2004. *The Effect of Phosphorus Level on the Total Glycerol and Reaction Yield of Biodiesel*. The 10th Biennial Bioenergy Conference, Boise, ID.
- Vennard, J.K. & Robert L. S., 1975. *Elementary Fluid Mechanics*. Edisi V. John Willey & Sons Inc. : New York.
- Vogel. 1985.*Buku Teks Analisis An Organik Makro dan Semimakro*, direvisi oleh G. Svehla, Edisi 5, Kalman Media Pustaka : Jakarta.
- Yelmida, Zahrina, I., Frenny, A.K. 2012. Esterifikasi PFAD (Palm Fatty Acid Distillate) Menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis H-Zeolit dengan Variabel Suhu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Riau* : 7 – 8.
- Zheng, S., Kates, M., Dube, M.A., McLean, D.D. 2006. *Acid-Catalyzed Production of Biodiesel from Waste Frying Oil*. *Biomass Bioner*, 30, 267-272.
- Zuliyana, Maharani, Nurul, H. 2010. Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Jurnal Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*, Semarang.