

**KINETIKA ESTERIFIKASI ASAM LEMAK BEBAS DARI
LIMBAH CAIR INDUSTRI MINYAK KELAPA
MENGUNAKAN KATALIS MONTMORILONIT KARBON
SULFONAT**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



Disusun oleh :

Amalia Putri Pramadita

08031281320007

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2017

HALAMAN PENGESAHAN

**KINETIKA ESTERIFIKASI ASAM LEMAK BEBAS DARI LIMBAH
CAIR INDUSTRI MINYAK KELAPA MENGGUNAKAN KATALIS
MONTMORILONIT KARBON SULFONAT**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh:

AMALIA PUTRI PRAMADITA

08031281320007

Indralaya, Agustus 2017

Pembimbing I



Dr. Hasanudin, M.Si

NIP. 197205151997021003

Pembimbing II



Nova Yuliasari, M.Si

NIP. 197307261999032001

Dekan Fmipa

Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M. Sc.
NIP. 197210041997021001

1

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Kinetika Esterifikasi Asam Lemak Bebas dari Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Menggunakan Katalis Montmorilonit Karbon Sulfonat” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dalam sidang sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 3 Agustus 2017 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Agustus 2017

Ketua :

Dr. Hasanudin, M.Si

NIP. 197205151997021003

()

Anggota :

Nova Yuliasari, M.Si

NIP. 197307261999032001

()

Dr. Suheryanto, M.Si

NIP. 196006251989031006

()

Dr. Eliza, M.Si

NIP. 196407291991022001

()

Fahma Riyanti, M.Si

NIP. 197202052000032001

()

Mengetahui

Dekan Fmipa

Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M. Sc.
NIP. 197210041997021001

Ketua Jurusan Kimia

Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Amalia Putri Pramadita
NIM : 08031281320007
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri 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, Agustus 2017

Penulis,



Amalia Putri Pramadita

NIM. 08031281320007

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Amalia Putri Pramadita
NIM : 08031281320007
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 “Kinetika Esterifikasi Asam Lemak Bebas dari Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Menggunakan Katalis Montmorilonit Karbon Sulfonat“. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/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, Agustus 2017

Yang menyatakan,



Amalia Putri Pramadita

NIM. 08031281320007

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Menunda adalah sebuah awal dari kegagalan maka jangan pernah menunda pekerjaan”

“Kesenangan dalam membuat pekerjaan membuat kesempurnaan pada hasil yang dicapai”

Puji syukur hanyalah milik ALLAH SWT dan Nabi Muhammad SAW sebagai panutan

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

- ❖ Mama yang selalu mbak sayangi***
- ❖ Papa yang sudah tenang di surga***
- ❖ Qiqi dan Humam sebagai penyemangat***
- ❖ Mas coco***
- ❖ Teman- teman seperjuangan***
- ❖ Adik- adik tingkat***
- ❖ Universitas Sriwijaya***

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT semata, kita memujinya, memohon pertolongan dan ampunan hanyalah kepadanya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “Kinetika Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dari Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Menggunakan Katalis Montmorilonit Karbon Sulfonat”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak Dr. Hasanudin, M.Si dan ibu Nova Yuliasari, M.Si yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran, dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Papa, Mama, Qiqi dan Humam yang telah memberikan motivasi dan bantuan baik berupa materi maupun tenaga selama menempuh pendidikan hingga sampai saat sekarang ini.
2. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan FMIPA, Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Drs. Dasril Basir, M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Dr. Suheryanto M.Si, Ibu Dr. Eliza, M.Si, dan Ibu Fahma Riyanti, M.Si selaku pembahas yang telah banyak memberikan saran yang sangat bermanfaat.
5. Staf dosen dan analis FMIPA kimia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat serta memberikan bantuan.
6. Mbak Novi dan Kak Roni yang membantu dalam menyelesaikan administrasi selama perkuliahan.
7. M. Tri Handoko yang selalu menemani dan selalu ada dalam setiap langkah yang penulis ambil.
8. Wanita- wanita calon istri solehah (Yosa, Eci, Endang) yang selalu dibuat repot dari mulai seminar proposal, penelitian, seminar hasil, dan sidang.

9. Dea Radestia Rahmah yang selalu menemani dalam suka dan duka dari awal semester hingga akhir semester ini.
10. Dyah Puspaningrum yang selalu memperbolehkan penulis menginap selama tugas akhir.
11. Ganjil squad yang selalu menemani belajar H-1 ujian.
12. CMM tercintaku (Rani, Dyah, Tiara, Elza, Dita, Dea, Fera, Kiki, Iin) yang selalu menemani dari sejak SMP hingga sekarang.
13. Holiday squad (mbak tiara, ocaar, adek igen, akak, fani, om yandi, om dochi) yang tidak pernah bosan mengajak liburan di tengah ke-*hectic*-an tugas akhir penulis.
14. Miki 2013 (Monica, Santa, Donny, Danang, Dwi Hawa, Rando, Ryanto, Ayu, Uci, Imron, Mitra, Triwahyuni, Neza, Sasa, Intan, Maqom, Jigas, Alex, Niko, Novanda, Renda, Vari, Azizil, Novrian, Isti, Ulik, Wilia, Anggi, Ocpri, Sri, Ismi, Septi, Wina, Ririn, Yupi, Wulan dan lainnya) atas pengalaman berharga selama perkuliahan.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, Agustus 2017

A handwritten signature in black ink that reads "Julia" with a stylized flourish above the 'i'.

Penulis

SUMMARY

THE ESTERIFICATION KINETICS OF FREE FATTY ACID FROM LIQUID WASTE OF COCONUT OIL INDUSTRY BY USING THE MONTMORILLONITE CARBON SULFONATED CATALYST

Amalia Putri Pramadita; supervised by Dr. Hasanudin, M.Si and Nova Yuliasari, M.Si

xv + 63 pages, 14 tables, 6 figures, 14 attachments

Kinetika Esterifikasi Asam Lemak Bebas dari Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Menggunakan Katalis Montmorilonit Karbon Sulfonat

The research of esterification kinetics of free fatty acid from liquid waste of coconut oil industry and methanol by using the montmorillonite carbon sulfonated had been carried out. Esterification was determined by varying the mole ratio between methanol and free fatty acid (10:1, 13:1, 16:1, 19:1 and 22:1), and the temperature reaction (60°C, 70°C and 80°C). Several kinetic parameters that was studied including Arrhenius constant, activation energy, reaction rate constant, and equilibrium constant. The results of the research showed that the Arrhenius constant was determined as 3.3085×10^6 , therefore the activation energy for the forward reaction was determined as 0.0503 kJ/ mole. The initial rate constant was increasing as the higher temperature occurred from 60°C to 80°C and decreasing as the mole ratio used from the lowest mole to the highest mole. The highest reaction rate constant occurred when the temperature reaction was 80°C while the value of k_1 was determined as 0.1187 and k_2 was determined as 0.0595. The highest value of equilibrium constants (K) was 1,9955 at 80°C. Regression value of validation used in the study was 0.9803 and the slope was 0.9835 so that, this kinetics equation models are acceptable to calculate the kinetics of the esterification of free fatty acids.

Keywords : Esterification, Kinetics, Montmorillonite, Sulfonate, Liquid Waste, Coconut Oil

Citation : 34 (1955-2017)

RANGKUMAN

KINETIKA ESTERIFIKASI ASAM LEMAK BEBAS DARI LIMBAH CAIR INDUSTRI MINYAK KELAPA MENGGUNAKAN KATALIS MONTMORILONIT KARBON SULFONAT

Amalia Putri Pramadita; Dibimbing oleh Dr. Hasanudin, M.Si and Nova Yuliasari, M.Si

xv + 63 halaman, 14 tabel, 6 gambar, 14 lampiran

The Esterification Kinetics of Free Fatty Acid From Liquid Waste of Coconut Oil Industry by Using The Montmorillonite Carbon Sulfonated Catalyst

Penelitian tentang kinetika reaksi esterifikasi asam lemak bebas dari limbah cair industri minyak kelapa dengan metanol menggunakan katalis montmorilonit karbon sulfonat telah dilakukan. Reaksi esterifikasi dilakukan dengan memvariasikan rasio mol antara metanol dan asam lemak bebas dengan perbandingan 10:1, 13:1, 16:1, 19:1 dan 22:1, serta variasi temperatur (60°C , 70°C dan 80°C). Parameter kinetika yang diteliti yaitu konstanta Arrhenius, energi aktivasi, konstanta laju reaksi, dan konstanta kesetimbangan. Nilai konstanta Arrhenius yang diperoleh sebesar $3,3085 \times 10^6$ serta energi aktivasi reaksi maju sebesar $0,0503 \text{ kJ/mol}$. Laju reaksi awal pada penelitian ini semakin meningkat dengan semakin meningkatnya temperatur reaksi dari 60°C hingga 80°C dan laju reaksi awal semakin menurun dari rasio terendah hingga rasio tertinggi. Nilai konstanta laju reaksi rata-rata tertinggi diperoleh saat temperatur reaksi sebesar 80°C dengan nilai k_1 sebesar $0,1187$ dan nilai k_2 sebesar $0,0595$. Nilai konstanta kesetimbangan (K) terbesar pada temperatur 80°C sebesar $1,9955$. Nilai regresi dari uji validasi sebesar $0,9803$ serta nilai slope sebesar $0,9835$ sehingga model persamaan kinetika ini dapat diterima untuk menghitung nilai esterifikasi asam lemak bebas.

Kata kunci : Esterifikasi, Kinetika, Montmorilonit, Sulfonat, Limbah Cair, Minyak Kelapa

Kepustakaan : 34 (1955-2017)

DAFTAR ISI

	Hal
Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Persetujuan	iii
Halaman Pernyataan Keaslian Karya Ilmiah	iv
Halaman Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah Untuk Kepentingan Akademis	v
Halaman Persembahan	vi
Kata Pengantar	vii
<i>Summary</i>	ix
Rangkuman	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Lampiran	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Limbah <i>Fatty Acid Oil</i> (FAO).....	5
2.2 Katalis	6
2.3 Katalis Karbon Sulfonat	7
2.4 Montmorilonit	8
2.5 Kinetika Reaksi Esterifikasi	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat	14

3.2	Alat dan Bahan.....	14
3.2.1	Alat.....	14
3.2.2	Bahan	14
3.3	Prosedur Penelitian.....	14
3.3.1	Analisis Kadar Asam Lemak Bebas dalam limbah cair minyak kelapa (SNI 7381 : 2008).....	14
3.3.2	Penentuan Pengaruh Temperatur dan Rasio Mol (metanol : asam lemak bebas) dengan Reaksi Esterifikasi	15
3.3.2.1	Analisis Nilai Asam Lemak Bebas Sisa Hasil Esterifikasi	15
3.3.2.2	Analisis Data Pengaruh Variasi Temperatur dan Rasio Mol (metanol : asam lemak bebas) Terhadap Laju Reaksi Esterifikasi..	16
3.3.3	Penentuan Pengaruh Temperatur Terhadap Konstanta Laju Reaksi dan Energi Aktivasi	16
3.3.4	Perhitungan Nilai Konstanta Arrhenius dan Energi Aktivasi	17
3.3.5	Validasi Model Persamaan Kinetika	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		18
4.1	Pengaruh Temperatur dan Rasio Mol antara Metanol dan Asam Lemak Bebas Terhadap Laju Reaksi Awal.....	18
4.2	Pengaruh Temperatur Terhadap Konstanta Laju Reaksi Esterifikasi dan Konstanta Keseimbangan Reaksi.....	20
4.2.1	Konstanta Laju Reaksi Esterifikasi	20
4.2.2	Konstanta Keseimbangan Reaksi.....	22
4.3	Konstanta Arrhenius dan Energi Aktivasi.....	24
4.4	Validasi Model Kinetika	26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		27
5.1	Kesimpulan	27
5.2	Saran.....	27
Daftar Pustaka		28
Lampiran		31

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Reaksi karbonisasi glukosa dan sukrosa yang terkandung pada tetes tebu menjadi poliaromatik hidrokarbon dan H_2O7
- Gambar 2. Reaksi sulfonasi poliaromatik hidrokarbon yang terdapat pada komposit zeolit karbon.....8
- Gambar 3. Pengaruh temperatur dan rasio mol (metanol : asam lemak bebas) terhadap laju reaksi awal.....19
- Gambar 4. Kurva konstanta laju reaksi k_1 dan k_2 terhadap rasio mol (metanol : asam lemak bebas) (a) pada temperatur $60^\circ C$, (b) pada temperatur $70^\circ C$ dan (c) pada temperatur $80^\circ C$ 21
- Gambar 5. Persamaan reaksi esterifikasi asam lemak bebas dari limbah cair minyak kelapa23
- Gambar 6. Kurva regresi validasi model kinetika esterifikasi asam lemak26

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Nilai rata- rata k_1 , k_2 dan konstanta kesetimbangan	23
Tabel 2.	Fraksi molekul yang memiliki energi sama atau lebih besar dari E_a .	25
Tabel 3.	Berat $C_2H_2O_4.2H_2O$ dn volume titrasi NaOH	34
Tabel 4.	Kadar asam lemak bebas dalam limbah cair minyak kelapa.....	35
Tabel 5.	Nilai konsentrasi asam lemak bebas awal $[A]_o$	38
Tabel 6.	Nilai $[A]_{\text{sisal}}$ dan X	39
Tabel 7.	Contoh perhitungan penentuan nilai beta	42
Tabel 8.	Perhitungan data menggunakan persamaan model kinetika 4.....	42
Tabel 9.	Data laju reaksi awal pada masing- masing temperatur dan konsentrasi asam lemak bebas awal.....	48
Tabel 10.	Data konstanta laju reaksi (k)	49
Tabel 11.	Nilai k_1 dan k_2 untuk menentukan energi aktivasi dan konstanta Arrhenius	50
Tabel 12.	Data konstanta Arrhenius dan energi aktivasi reaksi maju.....	50
Tabel 13.	Fraksi molekul yang memiliki energi sama atau lebih besar dari E_a .	52
Tabel 14.	Data nilai X eksperimental dan nilai X model kinetika	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Skema kerja penelitian	32
Lampiran 2.	Perhitungan standarisasi NaOH 0,5 N.....	33
Lampiran 3.	Perhitungan kadar asam lemak bebas dalam limbah cair minyak kelapa.....	38
Lampiran 4.	Perhitungan konsentrasi asam lemak bebas awal $[A]_0$	39
Lampiran 5.	Perhitungan nilai $[A]_{\text{sisia}}$ dan nilai X	42
Lampiran 6.	Perhitungan laju reaksi awal.....	45
Lampiran 7.	Perhitungan data menggunakan persamaan model kinetika.....	48
Lampiran 8.	Kurva perhitungan data dengan persamaan model kinetika 6.....	51
Lampiran 9.	Perhitungan konstanta laju reaksi k_1 dan k_2	52
Lampiran 10.	Perhitungan konstanta Arrhenius dan energi aktivasi reaksi esterifikasi.....	54
Lampiran 11.	Perhitungan fraksi molekul.....	55
Lampiran 12.	Perhitungan validasi model kinetika	56
Lampiran 13.	Integrasi persamaan kinetika (6) (Farag <i>et al</i> , 2013).....	59
Lampiran 14.	Gambar Penelitian	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki lahan tanaman kelapa terbesar di dunia dengan luas areal 3,88 juta hektar (97% merupakan perkebunan rakyat), sehingga mampu memproduksi kelapa 3,2 juta ton setara kopra (Kemenperin, 2010). Produksi minyak kelapa yang besar ini tentunya menghasilkan limbah yang tidak sedikit pula. Salah satu limbah yang dihasilkan dari industri minyak kelapa berupa limbah cair. Limbah cair minyak kelapa mengandung asam lemak bebas yang cukup tinggi. Kandungan asam lemak bebas pada limbah minyak kelapa kurang lebih sebesar 88% dengan persentase terbanyak adalah asam laurat (Sulistiowati, 2017). Kandungan asam lemak bebas pada limbah cair minyak kelapa ini dapat dikonversi menjadi energi baru terbarukan yaitu biodiesel dengan reaksi esterifikasi asam lemak (minyak nabati) dengan katalis asam atau basa.

Minyak nabati umumnya mempunyai viskositas yang tinggi sehingga tidak dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel secara langsung. Reaksi esterifikasi akan diubah menjadi bentuk ester yang baru sehingga viskositasnya menjadi turun. Reaksi esterifikasi dapat menurunkan viskositas minyak nabati hingga mencapai 70-80%, sehingga berpotensi sebagai biodiesel (Alamu *et al*, 2007).

Dalam pembuatan biodiesel melalui reaksi esterifikasi asam lemak bebas dibutuhkan katalis. Selama ini katalis yang umum dipakai adalah katalis homogen seperti H_2SO_4 , NaOH dan KOH yang memiliki kelemahan. Kelemahan katalis homogen antara lain bersifat korosif, tidak dapat digunakan kembali, dan sulit dipisahkan dari rendemen sehingga harus melalui tahapan lain agar biodiesel yang dihasilkan lebih murni (Ozbay, 2008). Katalis asam padat berbasis karbon dapat digunakan sebagai pengganti katalis asam homogen pada reaksi esterifikasi asam lemak bebas dengan alkohol. Katalis asam padat berbasis karbon memiliki beberapa keuntungan. Keuntungan tersebut antara lain tidak larut dalam pelarut organik, tidak menyebabkan korosi, ramah lingkungan, serta produk mudah dipisahkan dari campuran reaksi (Zali *et al*, 2008). Katalis asam padat berbasis

karbon yang digunakan dalam penelitian ini berupa komposit monmorilonit karbon sulfonat. Katalis ini dipilih karena dapat memberikan hasil biodiesel yang lebih optimal (Toda, 2005). Katalis heterogen juga memiliki pori-pori yang besar sehingga memungkinkan masuknya asam lemak bebas pada permukaan katalis dan reaksi esterifikasi dapat berjalan dengan lebih baik (Kitakawa, 2007).

Farag (2013) telah melakukan penelitian tentang kinetika reaksi esterifikasi asam oleat menggunakan metanol. Variasi yang dilakukan dalam penelitian tersebut adalah variasi temperatur dan rasio mol antara metanol dan asam oleat. Hasil yang diperoleh pada penelitian tersebut adalah kinetika esterifikasi merupakan reaksi orde satu *Pseudo-Homogeneous*. Shu (2010) melakukan penelitian tentang kinetika esterifikasi campuran minyak antara minyak biji kapas dan asam oleat menggunakan metanol dan katalis asam padat berbasis karbon. Penelitian tersebut melakukan variasi terhadap temperatur dan waktu reaksi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa reaksi esterifikasi yang terjadi memerlukan energi aktivasi yang lebih kecil dibandingkan dengan transesterifikasi sehingga hasil reaksi esterifikasi jauh lebih mudah terjadi daripada reaksi transesterifikasi pada temperatur relatif rendah. Model kinetika reaksi yang diperoleh pada kinetika esterifikasi tersebut adalah *Pseudo-Homogeneous* (Shu et al, 2010).

Penelitian sebelumnya tentang optimasi esterifikasi asam lemak bebas dari *sludge CPO* (limbah minyak kelapa sawit) menggunakan etanol dan katalis komposit montmorilonit karbon tersulfonasi telah dilakukan (Dewityaningsih, 2015). Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian itu yaitu temperatur, waktu reaksi dan katalis. Hasil penelitian tersebut diperoleh kondisi optimum reaksi pada temperatur 90°C, waktu reaksi 150 menit dan jumlah katalis 3,4216 g. Persen konversi asam lemak bebas dari *sludge CPO* menjadi biodiesel yang diperoleh sebesar 91,246% (Dewityaningsih, 2015). Penelitian lebih lanjut tentang kinetika esterifikasi asam lemak bebas dalam *sludge CPO* dilakukan menggunakan etanol dan katalis komposit montmorilonit karbon tersulfonasi dari tetes tebu (Agustin, 2015). Penelitian tersebut mengacu pada variasi temperatur 60°C - 80°C dan berbagai rasio mol antara etanol dan asam lemak bebas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur, akan meningkatkan

laju reaksi esterifikasi, konstanta laju reaksi dan konstanta kesetimbangan reaksi esterifikasi asam lemak bebas. Namun, semakin besar rasio mol antara etanol dan asam lemak bebas, akan menurunkan laju reaksi. Konstanta Arrhenius yang diperoleh adalah sebesar 28,6210 dan energi aktivasi sebesar 18,0464 kJ/mol (Agustin, 2015).

Pada penelitian ini dilakukan kinetika proses esterifikasi dari limbah cair minyak kelapa dengan cara memvalidasikan data yang didapat menggunakan model persamaan kinetika. Proses esterifikasi yang dilakukan memerlukan waktu 24 jam untuk bereaksi. Hal ini disebabkan oleh rantai karbon asam lemak bebas yang berupa asam laurat merupakan rantai pendek sehingga waktu untuk esterifikasi semakin lama. Proses esterifikasi ini menggunakan bantuan katalis asam padat yaitu katalis montmorilonit karbon sulfonat dengan pereaksi metanol untuk mendapatkan nilai konstanta Arrhenius dan energi aktivasi. Penelitian ini akan mengacu pada variabel yang digunakan yaitu temperatur dan rasio mol antara metanol dan asam lemak bebas. Parameter kinetika yang akan ditentukan antara lain konstanta laju reaksi, energi aktivasi, dan konstanta Arrhenius dari esterifikasi asam lemak bebas. Hasil validasi dari model persamaan kinetika yang didapat diharapkan dapat dipergunakan untuk perancangan reaktor industri pembuatan biodiesel dari limbah cair industri minyak kelapa sebagai bahan bakar alternatif.

1.2 Rumusan Masalah

Proses pembuatan biodiesel sebagai alternatif bahan bakar membutuhkan katalis dalam reaksi esterifikasi asam lemak. Selama ini katalis yang umum digunakan adalah katalis homogen. Katalis homogen ini memiliki beberapa kekurangan seperti produk sulit untuk dipisahkan dari campuran, korosif, dan tidak dapat digunakan kembali. Katalis heterogen berupa asam padat berbasis karbon dapat digunakan sebagai pengganti katalis homogen pada reaksi esterifikasi karena katalis heterogen memiliki beberapa keuntungan dibandingkan katalis homogen. Katalis heterogen yang digunakan dalam penelitian ini adalah katalis montmorilonit karbon sulfonat yang memiliki keuntungan seperti tidak korosif, ramah lingkungan, serta produk mudah dipisahkan dari campuran. Sejalan dengan pemanfaatan bahan baku asam lemak bebas dari limbah minyak kelapa

yang digunakan untuk esterifikasi, maka diperlukan penelitian tentang hal tersebut. Hal yang perlu diteliti berupa pengaruh beberapa variasi kinetika esterifikasi antara lain pengaruh temperatur dan rasio mol terhadap laju reaksi. Pengaruh konstanta laju reaksi, konstanta Arrhenius, dan energi aktivasi reaksi esterifikasi juga perlu diteliti. Berdasarkan variasi serta parameter kinetika tersebut maka perlu dilakukan validasi antara data hasil dari model persamaan kinetika dengan data hasil reaksi esterifikasi asam lemak bebas.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian esterifikasi asam lemak bebas dari limbah cair industri minyak kelapa menggunakan katalis karbon sulfonat ini adalah:

1. Menentukan pengaruh temperatur dan pengaruh rasio mol antara metanol dan asam lemak bebas terhadap laju reaksi awal esterifikasi.
2. Menentukan pengaruh temperatur terhadap konstanta laju reaksi esterifikasi dan laju reaksi.
3. Menentukan pengaruh temperatur terhadap konstanta kestimbangan reaksi esterifikasi.
4. Menentukan konstanta Arrhenius dan energi aktivasi reaksi esterifikasi.
5. Melakukan validasi model persamaan kinetika esterifikasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu memberikan informasi mengenai kinetika esterifikasi asam lemak dengan bahan baku limbah cair industri minyak kelapa menggunakan katalis montmorilonit karbon sulfonat. Parameter kinetika esterifikasi tersebut diharapkan dapat membantu perancangan reaktor industri pembuatan biodiesel dari limbah cair industri minyak kelapa sebagai bahan bakar alternatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, D. 2015. Kinetika Esterifikasi Asam Lemak Bebas dari *Sludge* Industri *Crude Palm Oil* (CPO) Menggunakan Katalis Komposit Montmorilonit Karbon Tersulfonasi dari Tetes Tebu. *Skripsi*. Indralaya : Universitas Sriwijaya.
- Alamu, O. J., Waheed, M. A., Jekayinfa, S. O. 2007. Biodiesel Production from Nigerian Palm Kernel Oil: Effect of KOH Concentration on Yield. *Energy for Sustainable Development*. 11(3) : 77- 82.
- Amelia, R., Pandapotan, H., Purwanto. 2013. Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Karbon Aktif Tersulfonasi sebagai Katalis Ramah Lingkungan pada Proses Hidrolisis Biomassa. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 20(20) : 20- 30.
- Daulay, S. S., Madya, W. 2015. *Pengembangan Minyak Kelapa*. Jakarta : Kemenperin.
- Dewityaningsih, Y. 2015. Optimasi Esterifikasi Asam Lemak Bebas *Sludge CPO* Menggunakan Komposit Montmorilonit Karbon Tersulfonasi dari Tetes Tebu. *Skripsi*. Indralaya : Universitas Sriwijaya.
- Farag, H. A., El- Maghraby, A., Taha, N. A. 2013. Kinetic Study of Used Vegetable Oil for Esterification and Transesterification Process of Biodiesel Production. *International Journal of Chemistry and Biochemical Sciences*. 3 : 1-8.
- Hasanudin, Wijaya, K., dan Budi, S. 2009. Preparasi dan Aktivitas Katalitik Perengkahan Isopropil Benzen Katalis Co, Mo dan Co/Mo-Monmorilonit Terpilar Al₂O₃. *Indonesian Chemistry Journal*. 9(2) : 189- 194.
- Hasanudin. 2013. Perekahan Hidro Lemak Hasil *Recovery* dari *Sludge* Limbah Industri CPO Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Katalis NiNO-Montmorilonit Terpilar Zat ZrO₂. *Disertasi*. Palembang : Universitas Sriwijaya.
- Jaimasith, M. P. 2007. *Biodiesel Synthesis from Transesterification by Clay-Based Catalyst*. Departement of Industrial Chemistry, Faculty of Science, Chiang May University, Chiang May, Thailand.
- Jitputti, J., Kityanan, B., Rangsunvigit, P., Bunyakiat, K., Attanatho, L., Jenvanitpanjakul, P. 2006. Transesterification of Crude Palm Kernel Oil and Crude Coconut Oil by Different Solid Catalysts. *Chemical Engineering Journal*. 116 : 61- 66.

- Karnasuta, S., Punsuvon, V., Nokkaew, R. 2014. Biodiesel Production from Waste Coconut Oil in Coconut Oil Manufacturing. *Agricultural Technology and Biological Sciences*. 12(3) : 291- 298.
- Keenan, C. W., Kleinfelter, D. C., Wood, J. H. 1984. *Kimia untuk Universitas*. Jakarta : Erlangga.
- Kemenperin. 2010. *Roadmap Industri Pengolahan Kelapa*. Jakarta : Kemenperin.
- Kitakawa, V. A., Vennall, G. P., Davey, P. N., dan Newman, C. 2007. Scandium Trifluoromethansulfonate, an Efficient Catalyst for the Intermolecular Carbonyl-Ene Reaction and the Intramolecular Cyclisation of Citronellal. *Tetrahedron Lett*. 39 : 1997-2000.
- Kulkarni, M. G., Dalai, A. K. 2006. Waste Cooking Oil- An Economical Source for Biodiesel : A Review. *Ind. Eng. Chem. Res.* 45 : 2901–2913.
- Kumar, P., dan Jasra, R.V. 1955. Studi Perilaku Mengembang dengan Metoda ASTM D4546-90 (A, B, C) dan Kekuatan Geser pada Lempung Montmorillonite Karangnunggal. *Ind.Eng.Chem.Res.* 34 : 1440-1448.
- Lou, W., Zong, M., Duan, Z. 2008. Efficient Production of Biodiesel from High Free Fatty Acid- Countaining Waste Oils Using Various Carbohydrate-Derived Solid Acid Catalysts. *Bioresource Techonolgy*. 99 : 8752- 8758.
- Masduki., S., dan Budiman, A., 2013. Kinetika Esterifikasi *Palm Fatty Acid Distilate* (Pfad) Menjadi Biodiesel Dengan Katalis Zeolit-Zirkonia Tersulfonasi. *Jurnal Rekayasa Proses*, 7 (3): 59-64.
- Meilani, A. 2016. Kinetika Esterifikasi Asam Lemak Bebas dari *Sludge* Limbah Industri *CPO* Menggunakan Katalis Komposit Zeolit Karbon Sulfonat dari Tetes Tebu. *Skripsi*. Indralaya : Universitas Sriwijaya.
- Moigradean, D., Poiana, M. A., Alda, L. M., Gogoasa, I. 2013. Quantitative Identification of Fatty Acids from Walnut andCoconut Oils Using GC-MS Method. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 2013. 19(4) : 459- 465.
- Nakajima, K., dan Michikazu, H. 2007. Environmentally Benign Production of Chemicals and Energy Using a Carbon-Based Strong Solid Acid. *Journal of American Ceramic Society*. 90(12) : 3725-3734.
- Nakpong, P., dan Woothikanokkhan, S. 2009. High Free Fatty Acid Cococnut Oil as a Potensial Feedstock for Biodiesel Production in Thailand. *Renewable Energy*. 35 : 1682- 1687.
- Nuzula, Z. 2011. Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas pada Minyak Kelapa Murni (*Virgin Coconut Oil*) Berdasarkan SNI. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.

- Ozbay N., Oktar, N., Tapan, N. A. 2008. Esterification of Free Fatty Acids in Waste Cooking Oils WCO: Role of Ion-Exchange Resins. *Fuel*. 87:1789–1798.
- Rispiandi. 2011. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Heterogen Arang Aktif Tersulfonasi untuk Proses Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa. *Jurnal Fluida*. 7(1) : 1-6.
- Rosari, I. 2013. *Kinetika Kimia*. Diakses melalui <http://academia.edu> pada tanggal 20 Oktober 2016.
- Santoso, A. 2013. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit *Off Grade* dengan Katalis Heterogen sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Kimia Universitas Negeri Malang*.
- Setyaningsih, D., Yuliani, S., dan Solechan, A. 2011. Optimasi proses sintesis Gliserol Tert-Butil Eter (GTBE) sebagai aditif biodiesel. *Jurnal Kimia Indonesia*.
- Shu, Q., Nawaz, N., Gao, J., Liao, Y., Zhang, Q., Wang, D., dan Wang, J. 2010. Synthesis of Biodiesel from A Model Waste Oil Feedstock Using A Carbon Based Solid Acid Catalyst: Reaction and Separation. *Bioresour Technol*. 101 : 5374- 5384.
- Sulistiowati, L. H. 2017. Optimasi Esterifikasi Asam Lemak Bebas dari Limbah Cair Minyak Kelapa dengan Katalis Monmorilonit Karbon Sulfonat dari Gula Tebu. *Skripsi*. Indralaya : Universitas Sriwijaya.
- Toda, M., Takagaki, A., Okamura, M., Kondo, J. N., Hayashi, S., Domen, K. dan Hara, M. 2005. Biodiesel Made with Sugar Catalyst. *Nature*. 1: 438.
- Utracki, L., A., dan Kamal, M. R. 2002. Clay Containing Polymeric Nanocomposite. *UEA: The Arabian Journal for Science and Engineering*. 27, 43-67.
- Vogel. 1994. *Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran (Egc).
- Zali, A., Shokrolahi, A., Khesavarz, M. H., dan Zarei, M.A. 2008. Carbon- based Solid Acid Catalyzed Highly Efficient Selective Oxidation of Sulfides to Sulfoxides of Sulfonate with Hydrogen Peroxide *Acta Chimica Slovenica*. (55) : 257- 260.