

**KINETIKA ESTERIFIKASI ASAM LEMAK BEBAS DARI *SLUDGE*
LIMBAH INDUSTRI *CPO* MENGGUNAKAN KATALIS KOMPOSIT
ZEOLIT KARBON SULFONAT DARI TETES TEBU**

SKRIPSI

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



Oleh :

AFRIANTI MEILANI

08121003029

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

**KINETIKA ESTERIFIKASI ASAM LEMAK BEBAS DARI *SLUDGE*
LIMBAH INDUSTRI *CPO* MENGGUNAKAN KATALIS KOMPOSIT
ZEOLIT KARBON SULFONAT DARI TETES TEBU**

SKRIPSI

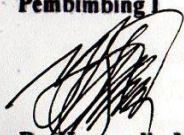
Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

**AFRIANTI MEILANI
08121003029**

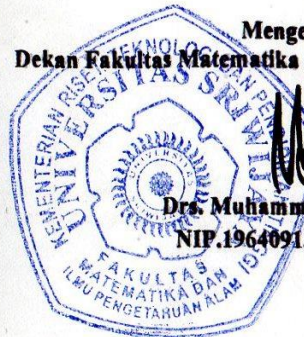
Indralaya, April 2016
Pembimbing II

Pembimbing I


**Dr. Hasanudin, M.Si
NIP. 197205151997021003**


**Neva Yuliasari, M.Si
NIP. 197307261999032001**

Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Drs. Muhammad Irfan, M.T
NIP.196409131990031003**

HALAMAN PENGESAHAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan “Kinetika Esterifikasi Asam Lemak Bebas dari *Sludge* Limbah Industri *CPO* Menggunakan Katalis Komposit Zeolit Karbon Sulfonat dari Tetes Tebu” telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji sidang sarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya pada Tanggal 26 April 2016 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan.

Indralaya, April 2016

Ketua :

1. **Dr. Hasanudin, M.Si**
NIP. 197205151997021003 ()

Penguji :

1. **Nova Yuliasari, M.Si**
NIP. 197307261999032001 ()
2. **Dr. Bambang Yudono, M.Sc**
NIP. 196102071989031001 ()
3. **Zainal Fanani, M.Si**
NIP. 196708211995121001 ()
4. **Dr. Ferlina Hayati, M.Si**
NIP.197402052000032001 ()

Mengetahui,
Dekan FMIPA

Ketua Jurusan,

Drs. Muhammad Irfan, M.T
NIP.196409131990031003

Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Afrianti Meilani
NIM : 08121003029
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/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.

Indralava, April 2016



Afrianti Meilani

NIM. 08121003029

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

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

Nama Mahasiswa : Afrianti Meilani
NIM : 08121003029
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 *Sludge* Limbah Industri *CPO* Menggunakan Katalis Komposit Zeolit Karbon Sulfonat dari Tetes Tebu”. 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 penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, April 2016
Yang menyatakan,

Afrianti Meilani
NIM. 08121003029

“Keberuntungan adalah sesuatu yang terjadi ketika kesempatan bertemu dengan kesiapan. Sebab, hanya diri kita yang bisa menjamin untuk bersungguh-sungguh”

“Ridho Allah dan Ridho orang tua jadikan sebagai pengiring untuk menggapai cita-cita”

Skripsi ini kusembahkan kepada :

- ❖ Kedua orang tuaku yang membesarkanku dan memberiku kasih sayang dan senantiasa mendoakanku di setiap sujudnya*
- ❖ Kakak-kakak dan Babang serta saudara-saudaraku yang selalu mendukungku*
- ❖ Sahabat-sahabatku dan sang Gemilang Yooka yang selalu siap berada di sampingku*
- ❖ Almamaterku (Universitas Sriwijaya)*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim....

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas semua petunjuk, rahmat, ridho dan karuniaNya jualah penulisan skripsi ini dapat diselesaikan sebagaimana mestinya. Penulisan skripsi ini mengambil judul ***“Kinetika Esterifikasi Asam Lemak Bebas dari Sludge Limbah Industri CPO Menggunakan Katalis Komposit Zeolit Karbon Sulfonat dari Tetes Tebu”***.

Penulis menyadari tidak akan mampu menyelesaikan skripsi ini tanpa bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. 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. Bapak Drs. Muhammad Irfan, M.T. selaku Dekan FMIPA, Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Bambang Yudono, M.Sc, Bapak Zainal Fanani, M.Si dan Ibu Dr. Ferlina Hayati M.Si yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Dedi Rohendi selaku ketua jurusan Kimia (KIMIA HEBAT!) dan seluruh dosen dan staff (Mba Novi dan Ka Roni) serta Analis Kimia FMIPA Unsri.
4. Kedua orang tuaku (Ir. H. Aman Willem dan Hj. Hernemsih) Untuk segala usaha, doa, kesabaran, pembelajaran juga mencurahkan kasih sayang yang tak terhingga serta motivasi yang tiada henti selama menempuh pendidikan sampai saat sekarang ini. Hanya Allah SWT yang bisa membalas semua yang telah kalian berikan Ma, Pa.
5. Kakak-kakakku dan Babangku tercinta (Ir. Aris Munandar Rahmatullah M.T IPM, Drg. Anita Kemala Dewi, Amirullah Jabbar S.Psi dan Kakak-kakak Iparku Kak Chaca dan Kak Aji) yang selalu menjadi motivasi dan menjadikanku lebih semangat untuk menyelesaikan skripsi ini, serta keponakanku Qilla, Umay dan Faza, yang selalu memberiku keceriaan.

6. Special *thanks* untuk Mba Diah Agustin S.Si yang menjadi teman curhatan dan pembelajaran tentang penelitianku.
7. My Gemilang Yooka Putra, yang telah memberikan cinta, dukungan, pembelajaran sabar untuk tetap kuat.
8. Sahabat Team Zeolita ku (Likes Dwitus Syarif, S.Si dan Tri Eltiyah M, S.Si) semoga kita tetap kompak. Sukses!
9. Sahabat-sahabat terbaikku eleven cantiks (Dini, Etek, Jule, Ika, Imi, Teteh, Ida, Icak, Enye` dan Buteng) yang menemani hari-hari selama pendidikanku, waktu luangku serta menjadi sahabat keluh kesahku.. Kalian tak terlupakan!
10. Team 2010 (kak Feby, kak Mamat, kak Madon) Team 2011(kak Tarmizi, kak Yurina, kak Diah, abang Apriyansyah, kak Ayudiba, kak Ayu P, kak Ghajali, kak Annur, kak Desti). Kak Rudi, Kak Ridho, Kak Kaspar, Kak Ranti dan Kak Yunita.
11. Keluarga KKN (Kak Mila, Kak Ina, Kak Ejak, Kak Alan, Kak Arief) Salut!
12. Error part (Meidi, Ade, Prima, Indah, dan Dila), Opreners (Nyimasbolo, Nadya, Marlinda), Geko (Putri, Jessi, Sofie), Macan (Marta, Tyas, Risti, Tita, Ratna, Nia, Laras, Mariska, Gio, Karin, Maria, Riska, Mentari) tetap semangat mencapai mimpi masing-masing cantik-cantikku..
13. Sahabat Willy, Amin, Heru, Nizar, Bayu, Mamat yang sudah banyak direpotkan, kalian semua hebat. Amanah 2B (Tya, Yenni, Valen, Venny, Dwi, Nita, dan Desti).
14. Teman Seperjuangan angkatan 2012 (Zaharah, Memei (makasi pinjaman bukunya me) Maria, Nurita, Rizqi, Emil, Jamilah, Khoirunnisah, Ridho, Nurmalina, Martin, Daniel, Rita, Eva, Roy, Mba Mur, Uwin, Siska, Sari, Oka, Mira, Tika, Melissa, Jinny dll) semangat buat kita semua. Semoga ilmu kita menjadi bermanfaat bagi ummat.
15. Adik-adik Kimia 2013, 2014, dan 2015 semoga cepat menyusul sarjana
16. Semua yang telah mendukung dan mendoakanku yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas hal baik yang telah kalian berikan. Aamiin.

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 dapat memberikan manfaat bagi semua orang.

Inderalaya, April 2016

Penulis

SUMMARY

THE ESTERIFICATION KINETICS OF FREE FATTY ACID FROM INDUSTRIAL WASTE CPO SLUDGE BY USING THE COMPOSITE OF ZEOLITE CARBON SULFONATED CATALYST FROM MOLASSES

Afrianti Meilani; supervised by Dr. Hasanudin, M.Si and Nova Yuliasari, M.Si

x + 68 pages, 3 tables, 12 figures, 15 attachments

Kinetika Esterifikasi Asam Lemak Bebas dari *Sludge* Limbah Industri *CPO* Menggunakan Katalis Komposit Zeolit Karbon Sulfonat dari Tetes Tebu

The esterification kinetic of free fatty acids from industrial waste crude palm oil sludge has been carried out with reagent methanol and using the composite zeolite carbon sulfonated catalyst from molasses. Esterification were determined by varying the temperature (60, 70 and 80 ° C) and the mole ratio between methanol and free fatty acids (17:1, 20:1, 23:1, 26:1 and 29:1). The kinetic parameters studied is the reaction rate constant, Arrhenius constants, activation energy and reaction enthalpy. The results of research showed that the higher temperature and the initial concentration of free fatty acids that the greater cause the rate of esterification and the reaction rate constant esterification of free fatty acids increases. The activation energy and Arrhenius constant for the forward reaction were estimated as 30,6537 kJ/mol and $2,04 \times 10^2$ whereas for the reverse reaction were 15,8714 kJ/mol and 2,502. The activation energy of forward reaction is reduced by the activation energy of reverse reaction known as the reaction enthalpy of free fatty acid was evaluated as 14,7823 kJ/mol. Test validation kinetic model used in the study showed regression of 0,9612. Kinetics equation models of esterification are acceptable and suitable to calculate the kinetics of the esterification of free fatty acids.

Keywords : Esterification, Sludge, Kinetics, Zeolite, Sulfonated

Citation : 33 (1984-2015)

RINGKASAN

KINETIKA ESTERIFIKASI ASAM LEMAK BEBAS DARI SLUDGE LIMBAH INDUSTRI CPO MENGGUNAKAN KATALIS KOMPOSIT ZEOLIT KARBON SULFONAT DARI TETES TEBU

Afrianti Meilani; Dibimbing oleh Dr. Hasanudin, M.Si dan Nova Yuliasari, M.Si

x + 68 halaman, 3 tabel, 12 gambar, 15 lampiran

The Esterification Kinetics of Free Fatty Acid from Industrial Waste CPO Sludge By Using The Composite of Zeolit Carbon Sulfonated Catalyst from Molasses

Kinetika esterifikasi asam lemak bebas dari *sludge CPO* telah dilakukan dengan pereaksi metanol dan menggunakan katalis komposit zeolit karbon sulfonat dari tetes tebu. Esterifikasi dilakukan dengan memvariasikan temperatur (60, 70 dan 80°C) dan rasio mol antara metanol dan asam lemak bebas (17:1, 20:1, 23:1, 26:1 dan 29:1). Parameter kinetika yang diteliti antara lain konstanta laju reaksi, konstanta Arrhenius, energi aktivasi dan entalpi reaksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur dan konsentrasi asam lemak bebas awal yang semakin besar menyebabkan laju reaksi esterifikasi dan konstanta laju reaksi esterifikasi asam lemak bebas semakin tinggi. Energi aktivasi dan konstanta Arrhenius pada reaksi maju sebesar 30,6537 kJ/mol dan $2,04 \times 10^2$. Sedangkan, hasil penentuan hasil reaksi sebaliknya adalah sebesar 15,8714 kJ/mol dan 2,502. Energi aktivasi reaksi maju dikurangi dengan energi aktivasi reaksi sebaliknya yang merupakan nilai entalpi reaksi asam lemak bebas dengan nilai 14,7823 kJ/mol. Uji validasi model kinetika yang digunakan pada penelitian diperoleh regresi sebesar 0,9612. Model persamaan kinetika esterifikasi yang digunakan dapat diterima dan layak untuk menghitung kinetika esterifikasi asam lemak bebas.

Kata kunci : Esterifikasi, Sludge, Kinetika, Zeolit, Sulfonat

Kepustakaan : 33 (1984-2015)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vii
<i>SUMMARY</i>	x
RINGKASAN.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Limbah <i>Crude Palm Oil</i> (CPO)	5
2.2 Proses Pembuatan Biodiesel dengan Reaksi Esterifikasi.....	6
2.3 Katalis	9
2.3.1 Katalis Homogen.....	9
2.3.2 Katalis Heterogen.....	10
2.3.3 Katalis Karbon Sulfonat	11
2.3.4 Zeolit Alam	12
2.3.5 Katalis Komposit Zeolit Karbon Sulfonat	13

2.4 Kinetika.....	15
2.4.1 Kinetika Reaksi Esterifikasi	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat yang digunakan	20
3.2.2 Bahan yang digunakan.....	20
3.3 Prosedur Penelitian	20
3.3.1 Persiapan Katalis	20
3.3.2 Pengambilan sampel <i>sludge CPO</i> dan Analisis Nilai Asam Lemak Bebas dalam <i>Sludge CPO</i>	21
3.3.2.1 Pengambilan Sampel <i>Sludge CPO</i>	21
3.3.2.2 Standarisasi Larutan NaOH.....	21
3.3.2.3 Analisis Nilai (ALB) dalam <i>Sludge CPO</i>	21
3.3.3 Penentuan Pengaruh Temperatur dan Rasio Mol (Metanol : Asam Lemak bebas) Terhadap Reaksi Esterifikasi	22
3.3.3.1 Analisis Kadar Asam Lemak Bebas Sisa Hasil Esterifikasi	22
3.3.3.2 Penentuan Pengaruh Variasi Temperatur dan Konsentrasi Asam Lemak Bebas Terhadap Laju Reaksi Esterifikasi	23
3.3.4 Penentuan Pengaruh Temperatur Terhadap Konstanta Laju Reaksi	24
3.3.5 Penentuan Nilai Konstanta Arrhenius, Energi Aktivasi dan Entalpi Reaksi Esterifikasi	24
3.3.6 Validasi Model Persamaan Kinetika.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Pengaruh Temperatur dan Konsentrasi Asam Lemak Bebas Awal Terhadap Laju Reaksi Esterifikasi.....	26
4.2 Pengaruh Temperatur Terhadap Konstanta Laju Reaksi	27

4.3 Konstanta Arhenius dan Energi Aktivasi, dan Nilai Entalpi	
Reaksi Esterifikasi	29
4.4 Validasi Model Kinetika	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Reaksi Esterifikasi Asam Lemak	7
Gambar 2.2 Spektra ¹³ C-NMR daerah etoksi sebelum esterifikasi	8
Gambar 2.3 Spektra ¹³ C-NMR daerah etoksi hasil esterifikasi	8
Gambar 2.4 Reaksi karbonisasi glukosa dan sukrosa yang terkandung pada tetes tebu menjadi poliaromatik hidrokarbon dan H ₂ O	11
Gambar 2.5 Reaksi sulfonasi poliaromatik hidrokarbon yang terdapat pada komposit zeolit karbon	12
Gambar 2.6 Sisi asam Bronsted dan Lewis	12
Gambar 2.7 Topologi permukaan komposit zeolit karbon sulfonat.....	14
Gambar 2.8 SEM EDX komposit zeolit karbon sulfonat.....	14
Gambar 2.7 Reaksi kesetimbangan asam palmitat dengan metanol	17
Gambar 4.1 Pengaruh temperatur dan konsentrasi asam lemak bebas awal terhadap laju reaksi esterifikasi.....	27
Gambar 4.2 Diagram entalpi reaksi esterifikasi asam lemak bebas dari sludge CPO dengan metanol menggunakan katalis komposit zeolit karbon sulfonat dari tetes tebu yang bersifat endoterm (+ΔH).....	31
Gambar 4.3 Korelasi antara penurunan asam lemak bebas eksperimen dan penurunan asam lemak bebas hasil model matematis	32

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kadar asam lemak dari <i>sludge CPO</i>	6
Tabel 4.1 Nilai k_1 dan k_2 dari setiap temperatur	28
Tabel 4.2 Fraksi molekul yang memiliki energi sama atau lebih besar dari E_a	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Diagram alir penelitian	39
Lampiran 2 Perhitungan standarisasi NaOH	40
Lampiran 3 Perhitungan kadar asam lemak bebas dalam <i>sludge CPO</i>	41
Lampiran 4 Perhitungan konsentrasi asam lemak bebas awal $[A]_0$	43
Lampiran 5 Perhitungan nilai $[A]_{\text{sisal}}$ dan nilai X	44
Lampiran 6 Perhitungan data menggunakan persamaan model kinetika 2.4	47
Lampiran 7 Grafik perhitungan data dengan persamaan model kinetika 2.4	50
Lampiran 8 Perhitungan laju reaksi awal	53
Lampiran 9 Perhitungan konstanta laju reaksi (k_1 dan k_2)	54
Lampiran 10 Perhitungan konstanta Arrhenius, energi aktivasi dan entalpi reaksi esterifikasi	56
Lampiran 11 Perhitungan fraksi molekul	59
Lampiran 12 Perhitungan validasi model kinetika	60
Lampiran 13 Integrasi persamaan kinetika (2.4).....	63
Lampiran 14 Spesifikasi tetes tebu (molase)	66
Lampiran 15 Gambar penelitian.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Produksi pengolahan kelapa sawit menghasilkan minyak yang disebut *Crude Palm Oil (CPO)* serta menghasilkan limbah berupa lumpur padat (*sludge*) yang ditampung di kolam penampungan industri. Jika limbah *sludge* dibiarkan menumpuk di kolam penampungan pada waktu jangka panjang dapat mengganggu bahkan mengancam keseimbangan ekosistem darat, air dan udara (Purnama *et al*, 2012). Berdasarkan yang telah diteliti, limbah *sludge* tersedia dalam jumlah kandungan asam lemak bebas mencapai 60-80% dengan kandungan asam lemak palmitat yang tertinggi yaitu 63% (Hasanudin *et al*, 2012). Pada hasil analisis lainnya, asam lemak bebas dalam *sludge CPO* didapatkan kandungan asam lemak bebas sebesar 87,556% (Dewityaningsih, 2015). Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa *sludge CPO* dapat menjadi sebuah upaya pemanfaatan karena memiliki kandungan asam lemak bebas yang cukup tinggi yang dapat dikonversi melalui reaksi esterifikasi menjadi senyawa alkil ester dimana merupakan senyawa utama dari biodiesel dengan menggunakan pereaksi alkohol.

Reaksi esterifikasi asam lemak bebas dengan alkohol membutuhkan katalis. Katalis terbagi menjadi katalis homogen dan heterogen. Pada katalis basa homogen hanya baik bekerja pada bahan baku minyak dengan kadar asam lemak bebas rendah yaitu kurang dari 0,5% (Loteri *et al*, 2005). Oleh karena itu, dapat disarankan katalis basa homogen digantikan dengan katalis asam heterogen karena produk yang dihasilkan dengan katalis asam heterogen mudah dipisahkan dari campuran reaksi dibanding dengan jenis katalis lainnya seperti katalis asam homogen yang pemurniannya pada tahap akhir reaksi melalui tahap yang rumit (Usman *et al*, 2009) dan dapat menyebabkan korosi, larut dalam pelarut organik umum, tidak dapat diregenerasi (Zali *et al*, 2008). Katalis asam heterogen berbasis karbon dapat dibuat dari tetes tebu karena tetes tebu dapat dikonversi menjadi karbon yang kemudian dilakukan proses sulfonasi dengan asam sulfat sehingga menghasilkan karbon tersulfonasi (Agustin, 2015). Apabila katalis asam

heterogen diemban dengan bahan pendukung yang berat jenisnya besar maka dapat memiliki aktivitas katalitik yang tinggi contohnya dengan zeolit yang umumnya didapatkan di alam (Saravanan *et al*, 2014). Zeolit yang digunakan sebagai katalis padatan akan lebih baik jika luas permukaan makin besar karena prosesnya adsorpsi dan zeolit umumnya sebagai katalis yang didasarkan pada produksi situs asam Bronsted dan adanya situs asam Lewis yang terdapat di dalam pori zeolit (Handoko *et al*, 2009).

Pembentukan komposit zeolit karbon tersulfonasi dilakukan dengan cara karbonisasi campuran zeolit dan tetes tebu pada temperatur 400°C kemudian disulfonasi agar gugus sulfonat dapat terikat pada poliaromatik hidrokarbon yang terdapat pada komposit zeolit karbon sebagai situs aktif katalis. Pada komposisi antara zeolit dan tetes tebu terhadap jumlah asam katalis zeolit karbon sulfonat diperoleh jumlah asam terbanyak pada perbandingan 1: 2. Jumlah asam tersebut mengindikasikan jumlah situs aktif katalis karena semakin banyak poliaromatik hidrokarbon yang melapisi zeolit maka situs aktif katalis tersebut memiliki kinerja tinggi dalam reaksi esterifikasi (Ramadhani, 2015).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang esterifikasi asam lemak bebas dari *sludge CPO* menggunakan etanol dan katalis komposit montmorillonit karbon tersulfonasi telah dikaji dari segi optimasi. Variabel bebas yang digunakan pada optimasi tersebut adalah 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 didapatkan sebesar 91, 246 % (Dewityaningsih, 2015). Kemudian, dilakukan penelitian lebih lanjut oleh (Agustin, 2015) tentang kinetika esterifikasi asam lemak bebas dalam *sludge CPO* menggunakan etanol dan katalis asam padat berbasis karbon yaitu katalis komposit montmorillonit karbon tersulfonasi dari tetes tebu. Penelitian tersebut mengacu pada variabel yang digunakan yaitu variasi temperatur 60°C, 70°C dan 80°C dan rasio mol antara etanol dan asam lemak bebas yaitu 10:1, 13:1, 16:1, 19:1 dan 22:1. Berdasarkan hasil data yang diperoleh dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa konstanta laju reaksi dan konstanta kesetimbangan reaksi esterifikasi asam lemak bebas semakin besar dengan meningkatnya temperatur.

Konstanta Arrhenius reaksi esterifikasi asam lemak bebas diperoleh sebesar 28,2610 dan energi aktivasi sebesar 18,0464 kJ/mol.

Selanjutnya, penggunaan katalis asam padat dengan katalis komposit zeolit karbon sulfonat dari tetes tebu akan difokuskan pada pengamatan proses reaksi yaitu dari segi kinetika esterifikasi asam lemak bebas dari *sludge CPO* dengan pereaksi metanol. 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, konstanta Arrhenius dan entalpi reaksi esterifikasi asam lemak bebas.

1.2. Rumusan Masalah

Tersedianya limbah sawit dalam jumlah yang melimpah menimbulkan upaya pemanfaatan terhadap *sludge CPO*. Berdasarkan hasil analisis beberapa peneliti melaporkan bahwa limbah *sludge* memiliki kandungan asam lemak bebas yang cukup tinggi yang dapat diesterifikasi menjadi biodiesel. Telah dilakukan studi penelitian optimasi dan kinetika pada esterifikasi asam lemak bebas dari *sludge CPO* menggunakan etanol dengan katalis komposit montmorillonit karbon sulfonat dari tetes tebu. Selanjutnya, akan diteliti pada segi kinetika terhadap esterifikasi asam lemak bebas dari limbah *sludge CPO* dan metanol dengan menggunakan katalis komposit zeolit karbon sulfonat dari tetes tebu.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat variasi variabel yaitu temperatur dan rasio mol antara metanol dan asam lemak bebas. Parameter kinetika yang akan ditentukan pada penelitian ini adalah konstanta laju reaksi, konstanta Arrhenius energi aktivasi dan entalpi reaksi esterifikasi asam lemak bebas. Permasalahan yang akan diteliti antara lain bagaimana pengaruh antara temperatur dan konsentrasi asam lemak bebas awal terhadap laju reaksi, pengaruh temperatur terhadap konstanta laju reaksi, konstanta Arrhenius, energi aktivasi dan nilai entalpi reaksi esterifikasi dan bagaimana validasi antara data hasil dari model persamaan kinetika dengan data hasil eksperimen esterifikasi asam lemak bebas.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian kinetika esterifikasi asam lemak bebas dari *sludge* industri *CPO* menggunakan katalis komposit zeolit karbon sulfonat dari tetes tebu ini adalah:

1. Menentukan pengaruh temperatur dan pengaruh konsentrasi asam lemak bebas awal terhadap laju reaksi esterifikasi.
2. Menentukan pengaruh temperatur terhadap konstanta laju reaksi esterifikasi
3. Menentukan konstanta Arrhenius dan energi aktivasi, entalpi reaksi esterifikasi.
4. Melakukan validasi model persamaan kinetika esterifikasi.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai kinetika esterifikasi asam lemak bebas dengan bahan baku limbah industri *CPO* menggunakan katalis komposit zeolit karbon sulfonat dari tetes tebu. Parameter kinetika esterifikasi tersebut diharapkan dapat membantu perancangan reaktor industri pembuatan biodiesel dari limbah industri *CPO* sebagai bahan bakar alternatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, D., 2015. Kinetika Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dari Sludge Industri Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Katalis Komposit Montmorillonit-Karbon Tersulfonasi Dari Tetes Tebu. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Amelia, R., Pandapotan, H., dan 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.
- Apriansyah. 2015. Optimasi Esterifikasi Asam Lemak Pada Sintesis Biodiesel Dari Sludge CPO Menggunakan Katalis Komposit Montmorillonit-Karbon Tersulfonasi Dari Gula Tebu. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Aziz, I., 2007. Kinetika Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas. *Valensi*, 1 (1): 19-23.
- Aziz, I., Nurbayti, S., dan Ulum, B., 2011. Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dari Minyak Goreng Bekas. *Valensi*, 2 (2): 384-388.
- Darnoko, and Cheryan, M., 2000. Continous Production of Palm Methyl Esters. *J.Am. Oil. Chem. Soc.* No.7
- Dewityaningsih, Y. 2015. Optimasi Esterifikasi Asam Lemak Bebas Sludge CPO Menggunakan Komposit Montmorillonit Karbon Tersulfonasi Dari Tetes Tebu. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Farag, H.A., El-Maghraby, A., and Taha, N.A., 2013. Kinetic Study of Used Vegetable Oil For Esterification and Transesterification Process of Biodiesel Production. *International Journal of Chemistry And Biochemical Science*, 3: 1-8.
- Fessenden & Fessenden. 1984. *Kimia Organik Edisi Ketiga*. Jilid 2. Jakarta : Erlangga.
- Guo, F., and Fang, Z. 2011. Biodiesel Production with Solid Catalyst. *Biodiesel-Feedstock and Processing Technologies*. 339-358

- Handoko, D.S.P., 2002. Preparasi Katalis Cr/Zeolit Melalui Modifikasi Zeolit Alam. *Jurnal Ilmu Dasar*, 3(1): 15-23.
- Harahap, H., 2008. Optimasi Transesterifikasi Refinery Bleached Deodorized Palm Oil Menjadi Metil Ester Menggunakan Katalis Lithium Hidroksida, *Tesis Usu*, Medan.
- Hasanudin., Said, M., Faizal, M., Dahlan, M.H., and Wijaya, K., 2012. Hydrocracking of Oil Residue From Palm Oil Mill Effluent To Biofuel. *Sustainable Environment Research*, 22 (6): 395-400.
- Hasanudin. 2013. Perengkahan Hidro Lemak Hasil Recovery Dari Sludge Limbah Industri CPO Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Katalis Nino-Montmorillonit Terpilar Zat ZrO_2 . *Disertasi*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Hidayat, N.M.C., dan Suhartini. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Andi: Jakarta.
- Kardila, V., 2012. Ekstraksi Lemak dan Asam Lemak dalam Limbah Sludge CPO Menggunakan Metode Sokletasi. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Keenan, C.W., Kleinfelter, D. C., dan Wood, J. H., 1984. *Kimia Untuk Universitas*. Jakarta: Erlangga.
- Lotero, E., Liu, Y., Lopez, D.E., Suwannakarn, K., Bruce, D.A., and Goodwin, Jr J.G., 2005. Synthesis of Biodiesel Via Acid Catalysis. *Industrial Engineering Chemical Research*, 44: 5353-5363.
- 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.
- Purnama, R.R., Chumaidi, A., dan Saleh, A., 2012. Pemanfaatan Limbah Cair CPO Sebagai Perekat Pada Pembuatan Briket Dari Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia*, 18 (3): 43-53.
- Rachmaniah, O., 2004. Studi Kinetika Transesterifikasi Dengan Katalis Asam (HCl) Minyak Mentah Dedak Padi Menjadi Biodiesel. *Laporan Thesis*, Jurusan Teknik Kimia Fti-Its, Surabaya.
- Ramadhani, R. 2015. Studi Pengaruh Komposisi Tetes Tebu dan Zeolit Terhadap Sifat Katalis Zeolit Karbon Sulfonat Sebagai Tolak Ukur Reaksi Esterifikasi. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.

- Rispiandi. 2011. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Heterogen Arang Aktif Tersulfonasi Untuk Proses Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa. *Jurnal Fluida*. 7 (1) : 1-6.
- Sahirman., Suryani, A., Mangunwidjaja, D., Sukardi dan Sudrajat, R., 2008 Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Pada Proses Biodiesel. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Bogor.
- Saravanan, K., Tyagi, Beena., and Bajaj, H. C., 2014. Catalytic Activity of Sulfated Zirconia Solid Catalyst For Esterification Of Mysristic Acid With Metanol. *Indian Journal of Chemistry*. 53a: 799-805.
- Sunarya, Y. 2011. *Kimia Dasar II*. Bandung: Yrama Widya.
- Susanto, Bambang H., Nasikin M., dan Sukirno. 2008. Penggunaan Katalis HPW/Zeolit Pada Esterifikasi Asam Oleat Untuk Produksi Pelumas Dasar Bio (Kinetika Dan Karakterisasi). *Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia*
- Shu, Q., Nawaz, N., Gao, J., Liao, Y., Zhang, Q., Wang, D., and Wang, J., 2010. Synthesis of Biodiesel From A Model Waste Oil Feedstock Using A Carbon Based Solid Acid Catalyst: Reaction And Speration. *Bioresource Technology*, 101: 5374-5384.
- Tarmizi, M. S., 1993. *Buku Petunjuk Penyediaan dan Pereaksi Kimia Jilid 2*. Padang. Angkasa Raya Padang.
- Usman, T., Ariany, L., Rahmalia, W., dan Advant, R., 2009. Esterifikasi Asam Lemak Dari Limbah Kelapa Sawit (*Sludge Oil*) Menggunakan Katalis Tawas. *Indonesia Jurnal Chemistry*, 9 (3): 474-478.
- Vogel. 1994. *Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran (Egc).
- Yaser, A.Z., Rahman, R.A, and Kalil, S., 2007. Identification of Methane-producing Bacteria from Palm Oil Mill Sludge (POMS) with Solid Cud from Ruminant Stomach. *Pak. J. Biol. Sci*, 10 (24): 4473-4478.
- Zali, A., Shokrolahi, A., Khesavarz, M.H., and Zarei, M.A., 2008. Carbon-based Solid Acid Catalyzed Highly Effeicient Selective Oxidation of Sulfides to Sulfoxides of Sulfones with Hydrogen Peroxide *Acta Chimica Slovenia*, (55): 257-260.