



UNIVERSITAS INDONESIA

**Model Kinetika Berbasis Mekanisme Ping Pong Bi Bi untuk Interesterfikasi
Trigliserida Menjadi Biodiesel Secara Enzimatis**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister

**NORIS RAHMATULLAH
0706174064**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
KEKHUSUSAN TEKNIK KIMIA
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

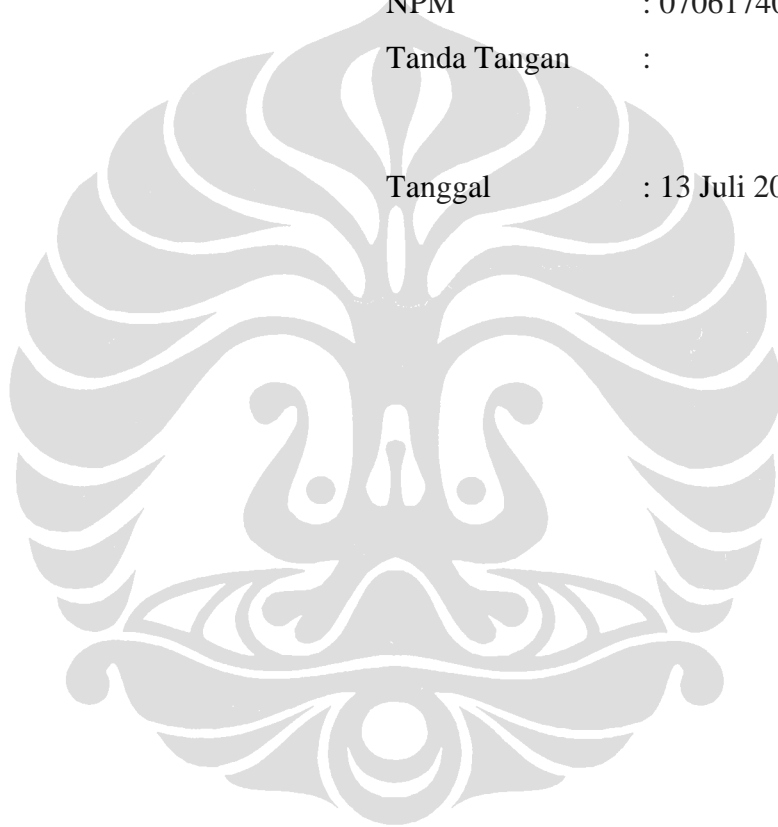
**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Noris Rahmatullah

NPM : 0706174064

Tanda Tangan :

Tanggal : 13 Juli 2009



HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama : Noris Rahmatullah
NPM : 0706174064
Program studi : Teknik Kimia
Judul skripsi : Model Kinetika Berbasis Mekanisme Ping Pong Bi Bi
untuk Interesterfikasi Trigliserida Menjadi Biodiesel
Secara Enzimatis

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada program studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr.rer.nat Yuswan Muharram, MT (.....)

Pembimbing II : Dr. Heri Hermansyah, M.Eng (.....)

Penguji I : Dr. Ir. Setijo Bismo, DEA (.....)

Penguji II : Dr. Anondho Wijanarko, M.Eng (.....)

Ditetapkan di : Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas
Indonesia, Depok.

Tanggal : 13 Juli 2009

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat, dan izinnya, penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis yang berjudul “Model Kinetika Berbasis Mekanisme Ping Pong Bi Bi untuk Interesterifikasi Trigliserida Menjadi Biodiesel Secara Enzimatis” Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kekuatan, kemudahan serta petunjuk-Nya kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA selaku Kepala Departemen Teknik Kimia UI.
3. Bapak Dr.rer.nat Yuswan Muharam, MT selaku pembimbing 1
4. Bapak Dr. Heri Hermansyah, M.Eng selaku pembimbing 2
5. Bapak Dr. Idris HM Noor, M.Ed dan Ibu Siti Rahma sebagai pemilik yayasan “Ayah dan Bunda Tercinta” yang mendukung penuh segala kebutuhan penulis
6. Neng Ika Cimalacimcim sebagai Jam Weker Pribadi ☺ (tengkyu berat yah neng!!!!)
7. Teman-teman seperjuangan pascasarjana Tekim UI 07, mas Amin, Ivan, Prima, P’Hendra, P’Deden, Tri, Qodri, Yuli, Mba Latifa, Mba Vera, MbaYusnita, Mba Nita (kapan qt ke Mang Engking lagi)
8. Teman-teman dari Tokabek Uda Hardi, Mas Smur, bang Teguh, Om Buset, Uni Heidi, Ibu Sahara, Tantri “bebek”, Editong (gmn kabar Korea?) atas saran, semangat, cengan dan hinaan kalian (that’s makes me Strong!) serta Quni (jadi s2 gak?hehehehe)
9. Bang Topik atas pinjaman Koleksi Bukunya serta seluruh staff DTK-FTUI

Semoga semua dukungan tetap diberikan hingga akhir dan mendapat balasan yang lebih baik dari Allah SWT. Amien.

Depok, 26 Juni 2009

NORIS RAHMATULLAH

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Noris Rahmatullah

NPM : 0706174064

Program Studi : Teknik Kimia

Departemen : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Model Kinetika Berbasis Mekanisme Ping Pong Bi Bi untuk Interesterfikasi
Trigliserida Menjadi Biodiesel Secara Enzimatis**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 13 Juli 2009

Yang menyatakan

(Noris Rahmatullah)

ABSTRAK

Nama : Noris Rahmatullah
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Model Kinetika Berbasis Mekanisme Ping Pong Bi Bi untuk
Interesterifikasi Trigliserida menjadi Biodiesel Secara Enzimatis

*Proses konvensional untuk memproduksi biodiesel adalah transesterifikasi trigliserida dan alcohol dengan menggunakan katalis alkali. Proses ini memiliki beberapa kelemahan dari segi produk samping dan proses pemurnian. Untuk mengatasi masalah ini, katalis alkali dan alcohol dapat digantikan oleh enzim lipase dan alkil asetat. Beberapa penelitian melaporkan bahwa metal asetat dan etil asetat dapat digunakan sebagai donor alkil untuk sintesis biodiesel dari minyak kedelai menggunakan enzim *Candida antactica* lipase, *Candida rugosa* lipase and *Porcine pancreatic* lipase. Pada penelitian ini, kinetika dari reaksi interesterifikasi trigliserida dengan menggunakan metil asetat dan berbagai jenis enzim dipelajari lebih lanjut. Model yang dibuat berdasarkan mekanisme Ping Pong Bi Bi. Model yang dibuat divalidasi/difitting dengan menggunakan data penelitian yang telah dilaporkan sebelumnya. Model dapat menggambarkan interesterifikasi dari reaktan dan produk. Hasil dari penelitian ini adalah konstanta laju reaksi dari setiap reaksi. Secara keseluruhan, konstanta yang dihasilkan memiliki sensitifitas yang baik*

Keywords: Model Kinetika, Interesterifikasi, Biodiesel, Lipase

ABSTRACT

Name : Noris Rahmatullah
Study Program : Chemical Engineering
Title : Kinetic Model Based on Ping Pong Bi Bi Mechanism
for Enzymatic Interesterification to Produce Biodiesel

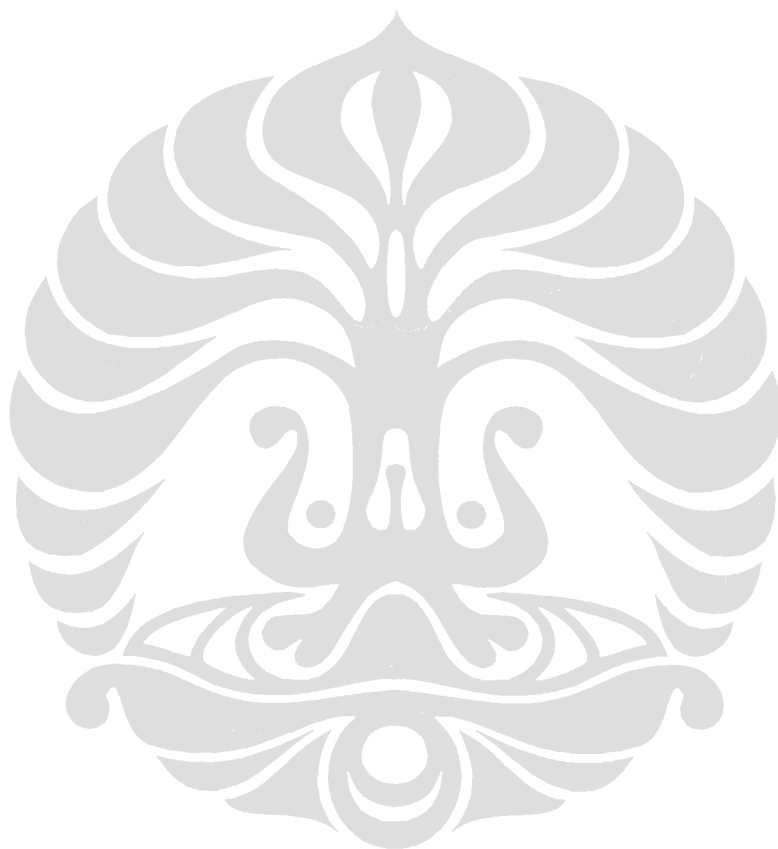
Conventional process to produced biodiesel is transesterification of triglycerides and alcohol in the presence of alkaline catalyst. This process has some problem in side product and purification process. To overcome this problem, alkaline catalyst and alcohol can be replaced with lipases and alkyl acetate. Some studies have been reported that methyl acetate and ethyl acetate can be used as alkyl supplier to synthesis biodiesel from soybean oil and fat using Candida antactica lipase, Candida rugosa lipase and Porcine pancreatic lipase. In this research, the kinetics of interesterification of triglyceride with methyl acetate and Candida antactica to produce biodiesel was further studied. The kinetic model based on reversible Ping Pong Bi Bi mechanism was constructed. The model was applied to the experimental results of interestesterification behavior done by others researchers. The model can describe the interesterification behavior of the reactants and products in their experimental results. The results from this research are kinetics constant for every reaction. Generally, kinetics constant have good sensitivity.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 BIODIESEL	5
2.2 RUTE REAKSI.....	7
2.2.1 Rute Alkohol	8
2.2.1 Rute Non-Alkohol.....	11
2.3 KINETIKA REAKSI	13
2.3.1 Tanpa Katalis	13
2.3.2 Katalis Asam.....	14
2.3.3 Katalis Basa	15
2.3.4 Katalis Padat	17
2.3.5 Fluida Superkritis.....	18
2.3.6 Biokatalis	19
2.4 STATE OF THE ART	20

2.4.1	Mekanisme Reaksi Bertingkat	20
2.4.2	Mekanisme Michaelis-Menten	22
2.4.3	Mekanisme Pingpong Bi-bi	23
BAB III	24
METODE PENELITIAN	24
3.1	MATERIAL.....	24
3.1.1	Data Validasi	24
3.1.2	Software.....	24
3.2	DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	25
BAB IV	30
HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1	PENURUNAN MODEL.....	30
4.2	FITTING CURVE.....	43
4.2.1	Enzim <i>Candida antarica</i> Lipase	43
4.2.2	Enzim <i>Candida rugosa</i> Lipase (Tersuspensi).....	45
4.2.3	Enzim <i>Candida rugosa</i> Lipase (Terimmobilisasi).....	47
4.2.4	Enzim porcine pancreatic lipase (Tersuspensi)	49
4.2.5	Enzim porcine pancreatic lipase (Terimmobilisasi)	51
4.3	ANALISIS SENSITIVITAS.....	54
4.3.1	Enzim <i>Candida antartica</i> lipase	54
4.3.2	Enzim <i>Candida rugosa</i> lipase (Tersuspensi)	56
4.3.3	Enzim <i>Candida rugosa</i> lipase (Terimmobilisasi).....	57
4.3.4	Enzim porcine pancreati lipase (Tersuspensi).....	58
4.3.5	Enzim porcine pancreati lipase (Terimmobilisasi)	60
4.4	VALIDASI.....	62
4.4.1	Enzim <i>Candida antartica</i> Lipase.....	62
4.4.2	Enzim <i>Candida rugosa</i> Lipase (Tersuspensi).....	63
4.4.3	Enzim <i>Candida rugosa</i> Lipase (Terimmobilisasi).....	64
4.4.4	Enzim porcine pancreatic lipase (Tersuspensi)	66
4.4.5	Enzim porcine pancreatic lipase (Terimmobilisasi)	67
4.5	SIMULASI.....	68
4.5.1	Enzim <i>Candida antartica</i> Lipase.....	68
4.5.2	Enzim <i>Candida rugosa</i> Lipase (Tersuspensi).....	72

4.5.3 Enzim <i>Candida rugosa</i> Lipase (Terimmobilisasi).....	75
4.5.4 Enzim porcine pancreatic lipase (Tersuspensi)	78
4.5.5 Enzim porcine pancreatic lipase (Terimmobilisasi)	81
4.6 PREDIKSI.....	84
KESIMPULAN.....	86
DAFTAR PUSTAKA	88



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Karakteristik Biodiesel.....	5
Tabel 2 Perbandingan karakteristik biodiesel dengan bahan bakar solar	6
Tabel 3 Perbandingan antara metode katalis basa dengan biokatalis untuk produksi biodiesel	10
Tabel 4 Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Rute Non-Alkohol	12
Tabel 5 Perbandingan metode SCF dengan Reaksi menggunakan katalis	19
Tabel 6 Konstanta laju reaksi interesterfikasi menggunakan <i>Candida antarctica</i> ^[9]	44
Tabel 7 Konstanta laju reaksi interesterfikasi menggunakan <i>Candida rugosa</i> tersuspensi ^[13]	46
Tabel 8 Konstanta laju reaksi interesterfikasi menggunakan <i>Candida rugosa</i> terimmobilisasi ^[14]	48
Tabel 9 Konstanta laju reaksi interesterfikasi menggunakan porcine pancreatic tersuspensi ^[15]	50
Tabel 10 Konstanta laju reaksi interesterfikasi menggunakan porcine pancreatic terimmobilisasi ^[15]	52
Tabel 11 Konstanta laju reaksi interesterfikasi biodiesel dengan berbagai jenis enzim	53
Tabel 12 Analisis sensitivitas konstanta laju reaksi menggunakan enzim <i>Candida antarctica</i> ^[9]	55
Tabel 13 Analisis sensitivitas konstanta laju reaksi menggunakan enzim <i>Candida rugosa</i> tersuspensi ^[13]	56
Tabel 14 Analisis sensitivitas konstanta laju reaksi menggunakan enzim <i>Candida rugosa</i> terimmobilisasi ^[14]	58
Tabel 15 Analisis sensitivitas konstanta laju reaksi menggunakan enzim porcine pancreatic tersuspensi ^[15]	59
Tabel 16 Analisis sensitivitas konstanta laju reaksi menggunakan enzim porcine pancreatic terimmobilisasi ^[15]	61
Tabel 17 Nilai konstanta laju reaksi yang mempengaruhi perubahan Gliserida.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Reaksi keseluruhan transesterifikasi trigliserida dari minyak nabati dengan alkohol.....	8
Gambar 2 Reaksi bertingkat transesterifikasi trigliserida dari minyak nabati dengan alkohol.....	9
Gambar 3 Reaksi interesterifikasi minyak nabati melalui rute reaksi non alkohol.....	11
Gambar 4 Tahapan Reaksi interesterifikasi	12
Gambar 5 Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan katalis asam	14
Gambar 6 Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan katalis basa	15
Gambar 7 Reaksi saponifikasi atau hidrolisis basa	17
Gambar 8 Mekanisme reaksi dengan menggunakan SCF	18
Gambar 9. Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 10 Prosedur pencarian konstanta laju reaksi	28
Gambar 11. Mekanisme reaksi enzimatik interesterifikasi trigliserida	30
Gambar 12. Skema Reaksi Enzimatik Lengkap	31
Gambar 13. Fitting curve Interesterifikasi menggunakan Enzim <i>Candida antarctica</i> ^[9]	62
Gambar 14. Fitting curve Interesterifikasi menggunakan Enzim <i>Candida rugosa</i> tersuspensi ^[13]	63
Gambar 15. Fitting curve Interesterifikasi menggunakan Enzim <i>Candida rugosa</i> terimmobilisasi ^[14]	65
Gambar 16. Fitting curve Interesterifikasi menggunakan Enzim porcine pancreatic tersuspensi ^[14]	66
Gambar 17. Fitting curve Interesterifikasi menggunakan Enzim porcine pancreatic terimmobilisasi ^[15]	67
Gambar 18. Simulasi dengan konsentrasi Enzim <i>Candida antarctica</i> 2x semula.....	69
Gambar 19 Simulasi dengan konsentrasi Enzim <i>Candida antarctica</i> 1/2x semula.....	70
Gambar 20. Grafik Produksi Biodiesel dengan variasi konsentrasi enzim <i>Candida antarctica</i>	71
Gambar 21. Simulasi dengan konsentrasi Enzim <i>Candida rugosa</i> tersuspensi 2x semula	72
Gambar 22 Simulasi dengan konsentrasi Enzim <i>Candida rugosa</i> tersuspensi 1/2x semula	73
Gambar 23. Grafik produksi biodiesel dengan variasi konsentrasi enzim <i>Candida rugosa</i> lipase tersuspensi	74
Gambar 24 Simulasi dengan konsentrasi Enzim <i>Candida rugosa</i> terimmobilisasi 2x semula	75
Gambar 25 Simulasi dengan konsentrasi Enzim <i>Candida rugosa</i> terimmobilisasi 1/2x semula	76
Gambar 26. Produksi Biodiesel dengan variasi konsentrasi enzim <i>Candida rugosa</i> lipase terimmobilisasi	77
Gambar 27 Simulasi dengan konsentrasi Enzim porcine pancreatic tersuspensi 2x semula	78

Gambar 28 Simulasi dengan konsentrasi Enzim porcine pancreatic tersuspensi 1/2x semula	79
Gambar 29. Grafik Produksi Biodiesel dengan variasi konsentrasi enzim porcine pancreatic tersuspensi.....	80
Gambar 30 Simulasi dengan konsentrasi Enzim porcine pancreatic terimmobilisasi 2x semula	81
Gambar 31 Simulasi dengan konsentrasi Enzim porcine pancreatic terimmobilisasi 1/2x semula	82
Gambar 32. Grafik Produksi Biodiesel dengan Variasi konsentrasi porcine pancreatic terimmobilisasi.....	83
Gambar 33 prediksi laju produksi Gliserida	84

