



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMODELAN DAN SIMULASI SISTEM KENDALI CONTINUOUS  
STIRRED TANK REACTOR (CSTR) BIODIESEL**

**THESIS**

**YOSI ADITYA SEMBADA**

**0906495772**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**DEPOK**

**DESEMBER 2010**

i



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMODELAN DAN SIMULASI SISTEM KENDALI CONTINUOUS  
STIRRED TANK REACTOR (CSTR) BIODIESEL**

**THESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik**

**YOSI ADITYA SEMBADA**

**0906495772**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**DEPOK**

**DESEMBER 2010**

i

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Yosi Aditya Sembada

NPM : 0906495772

Tanda Tangan :

Tanggal : Desember 2010

## HALAMAN PENGESAHAN

Thesis ini diajukan oleh :  
Nama : Yosi Aditya Sembada  
NPM : 0906495772  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Seminar : Pemodelan dan Simulasi Sistem Kendali Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) Biodiesel

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Wahidin Wahab, MSc, PhD ( )  
Penguji : Dr. Ir. Feri Yusivar, M.Eng ( )  
Penguji : Dr. Abdul Muis, ST, M.Eng ( )  
Penguji : Dr. Abdul Halim, M.Eng ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Desember 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala kasih sayang dan kemurahan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Thesis ini. Penulisan Thesis ini adalah salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Teknik di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak sangat sulit bagi saya untuk dapat menyelesaikan penulisan Thesis ini. Oleh karena itu saya mengucapkan banyak terima kasih kepada:

- (1) Ir. Wahidin Wahab, M.Sc, PhD selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk mengarahkan saya dalam penulisan Thesis ini;
- (2) Istri saya tercinta Vani Arliani dan putri saya tercinta Najya Irdina Nurazmina yang begitu kuat dalam memberikan dukungan; dan
- (3) Keluarga besar saya yang selalu mendoakan saya agar selalu berhasil.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas kebaikan berlipat-lipat bagi semua pihak yang telah membantu. Semoga Thesis ini membawa manfaat sebesar-besarnya.

Depok, Desember 2010

Penulis

(Yosi Aditya Sembada)

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI THESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Yosi Aditya Sembada

NPM : 0906495772

Program Studi : Teknik Elektro

Departemen : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Thesis

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 : *Pemodelan dan Simulasi Sistem Kendali Continous Stirred Tank Reactor (CSTR) Biodiesel*

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, 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 : Desember 2010

Yang Menyatakan

(Yosi Aditya Sembada)

## ABSTRAK

Nama : Yosi Aditya Sembada

Program Studi : Teknik Elektro

Judul : Pemodelan dan Simulasi Sistem Kendali Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif pengganti solar yang diperoleh dari sumber-sumber energi yang dapat diperbaharui. Bahan baku utama dari biodiesel adalah minyak tumbuh-tumbuhan dan alkohol. Biodiesel dihasilkan salah satunya melalui reaksi trans-esterifikasi. Trans-esterifikasi adalah reaksi antara minyak sawit (*triacylglycerol*) dengan methanol dibantu Natrium Hidroksida sebagai katalis yang menghasilkan biodiesel (*alkyl ester*) dan gliserol sebagai produk sampingan. Pada Thesis ini dibahas pemodelan reaksi pembentukan biodiesel dengan penurunan persamaan reaksi dan persamaan energi yang terjadi pada *Continous Stirred Tank Reactor* (CSTR) biodiesel. Dari model yang diperoleh selanjutnya akan dilakukan simulasi dan linierisasi pada titik kerja. Selanjutnya dirancang sistem kendali untuk mendapatkan kendali yang terbaik. Dari hasil perancangan sistem kendali, sistem berhasil dikendalikan dan memenuhi stabilitas yang diinginkan walaupun masih terdapat overdamped.

Kata kunci:

Biodiesel, trans-esterifikasi, CSTR, pemodelan, simulasi, sistem kendali

## ABSTRACT

Name : Yosi Aditya Sembada

Study Program : Electrical Engineering

Title : Modeling and Simulation of Biodiesel Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) Control System

Biodiesel is an alternatif of renewable fuel for petrodiesel replacement. The main raw materials used for biodiesel is vegetabel oils and alkohol. Biodiesel is produced by trans-esterification reaction. Trans-esterification is the reaction of palm oil (*triacylglycerol*) and methanol with Natrium Hidroxyde as catalyst which yields biodiesel (*alkyl ester*) and glycerol as secondary product. This paper will study the modeling of biodiesel reaction by deriving reaction equation and energi equation in biodiesel CSTR. The next step is simulation and linearization in steady state point. The simulation result will become a reference for the best control system design. The system is managed to be controlled eventhough there are still some overdamped.

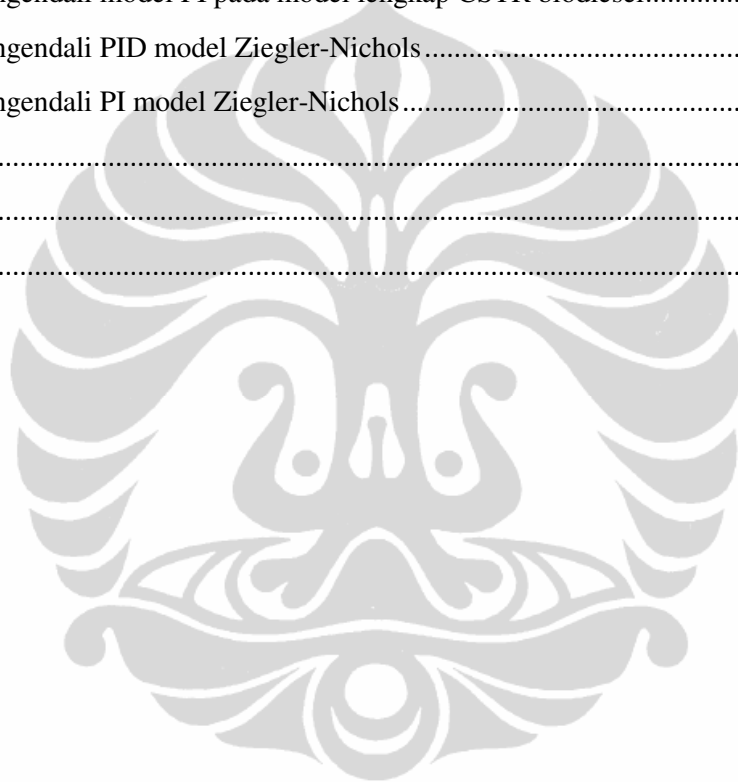
Keyword: Biodiesel, trans-esterification, CSTR, modeling, simulation, control system

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI THESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
1.5. Batasan Penelitian.....	3
1.6. Model Operasional Penelitian.....	3
BAB 2 DASAR TEORI.....	5
2.1. Produksi Biodiesel .....	5
2.2. Proses pembuatan biodiesel .....	6
2.3. Reaksi Trans-esterifikasi biodiesel .....	7
2.4. Pemodelan Dinamis Tabung CSTR.....	9
2.5. Perancangan Pengendali Model Ciancone[10] .....	10
2.6. Perancangan Pengendali Model Ziegler-Nichols[9].....	15
BAB 3 PEMODELAN TANGKI REAKTOR BIODIESEL .....	17
3.1. Proses Reaksi Biodiesel .....	17
3.2. Pemodelan reaksi biodiesel.....	17
3.3. Penurunan persamaan ruang keadaan proses reaksi biodiesel .....	22
3.4. Linierisasi persamaan ruang keadaan .....	25



3.5. Analisa Kestabilan dengan Root Locus .....	32
3.6. Pengujian Controllability dan Observability .....	36
<b>BAB 4 SIMULASI MODEL MATEMATIS CSTR BIODIESEL .....</b>	<b>37</b>
4.1. Simulasi Model Matematis Lengkap CSTR Biodiesel .....	37
4.2. Simulasi model matematis CSTR Biodiesel linierisasi.....	38
<b>BAB 5 PERANCANGAN PENGENDALI CSTR BIODIESEL .....</b>	<b>39</b>
5.1. Perancangan pengendali model PID pada model lengkap CSTR biodiesel.....	39
5.2. Perancangan pengendali model PI pada model lengkap CSTR biodiesel.....	43
5.3. Perancangan pengendali PID model Ziegler-Nichols.....	46
5.4. Perancangan pengendali PI model Ziegler-Nichols.....	48
<b>BAB 6 KESIMPULAN.....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Perbandingan Produksi Minyak Tumbuhan[1] .....	2
Gambar 2 Proses Pembuatan Biodiesel .....	6
Gambar 3 Reaksi Trans-esterifikasi Biodiesel[3] .....	8
Gambar 4 Pemodelan CSTR sederhana .....	9
Gambar 5 mode proporsional.....	11
Gambar 6 Mode Integral.....	12
Gambar 7 Pengukuran input-output .....	13
Gambar 8 Grafik Ciancone PID.....	14
Gambar 9 Grafik Ciancone PI .....	15
Gambar 10 Tangki Reaktor Biodiesel[4] .....	17
Gambar 11 Root Locus Persamaan .....	32
Gambar 12 Root Locus diperbesar.....	33
Gambar 13 Root Locus diperbesar.....	33
Gambar 14 Root Locus diperbesar.....	34
Gambar 15 Root Locus diperbesar.....	34
Gambar 16 Root Locus dengan mengabaikan nilai kecil .....	35
Gambar 17 Blok diagram simulasi model CSTR lengkap.....	37
Gambar 18 Hasil simulasi model CSTR lengkap .....	38
Gambar 19 Blok diagram model CSTR linierisasi .....	38
Gambar 20 Hasil simulasi model CSTR linierisasi.....	38
Gambar 21 masukan fungsi step dalam excel .....	39
Gambar 22 Keluaran model CSTR lengkap dari excell .....	39
Gambar 23 Model kendali PID Ciancone CSTR lengkap.....	41
Gambar 24 Hasil simulasi Kendali PID Ciancone CSTR lengkap .....	41
Gambar 25 Hasil Simulasi PID Ciancone CSTR lengkap.....	41
Gambar 26 hasil keluaran PID dengan parameter berbeda .....	43
Gambar 27 Model kendali PI Ciancone CSTR lengkap .....	44
Gambar 28 Hasil Simulasi PI Ciancone model CSTR lengkap.....	45
Gambar 29 hasil simulasi PI .....	46
Gambar 30 Blok Diagram Simulasi PID Ziegler Nichols.....	47
Gambar 31 Hasil Simulasi PID Ziegler Nichols.....	47
Gambar 32 Hasil simulasi PID Ziegler Nichols.....	48
Gambar 33 Blok Diagram Simulasi PI Ziegler Nichols .....	49
Gambar 34 Hasil Simulasi PI Ziegler Nichols .....	49
Gambar 35 Hasil simulasi PID Ziegler Nichols.....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Nilai konstanta laju reaksi.....	9
Tabel 2 nilai besaran besaran.....	23
Tabel 3 perubahan parameter Td.....	42
Tabel 4 Perubahan parameter Kc.....	42
Tabel 5 Hasil simulasi dengan Kc berubah-ubah.....	43
Tabel 6 Perubahan parameter Ti pada PI.....	45
Tabel 7 Perubahan parameter Kc pada PI.....	45
Tabel 8 hasil pengujian dengan parameter berubah.....	47
Tabel 9 hasil pengujian dengan Ti berubah.....	49
Tabel 10 hasil pengujian dengan Kp berubah.....	50

