

**SIMULASI *STEADY STATE* PROSES DISTILASI REAKTIF UNTUK SINTESIS
ETILEN GLIKOL DIASETAT MENGGUNAKAN ASPEN *PLUS***



ICE 410- Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang Ilmu Teknik Kimia

Oleh

RAMADIAN (2012620108)

Pembimbing:

Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.EngSc.

I Gede Pandega W, S.T., M.T.



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

No. Kode	: TK RAM 5/18	2018
Tanggal	: 13 Juni 2019	
No. Ind.	: 4398 - FTI /skp 37924	
Divisi	:	
Hadiah / Dili	:	
Dari	: FTI	



LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : STUDI DINAMIKA PROSES DISTILASI REAKTIF UNTUK SINTESIS
ETILEN GLIKOL DIASETAT MENGGUNAKAN ASPEN PLUS

CATATAN

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 18 September 2018

Pembimbing Utama,

Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.EngSc.

Pembimbing Kedua,

I Gede Pandega W, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN



SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini

Nama Ramadian

NRP.6212108

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul:

**STUDI SIMULASI *STEADY STATE* DISTILASI REAKTIF UNTUK SINTESIS
ETILEN GLIKOL DIASETAT MENGGUNAKAN ASPEN *PLUS***

Adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat, dan materi dari sumber lain, telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Penyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 18 September 2018

Ramadian

(2012620108)

LEMBAR REVISI



**JUDUL: STUDI SIMULASI *STEADY STATE* DISTILASI REAKTIF UNTUK SINTESIS
ETILEN GLIKOL DIASETAT MENGGUNAKAN ASPEN *PLUS***

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 18 September 2018

Penguji,

Herry Santoso, ST, MTM, PhD

Penguji,

Putri Ramadhany, S.T., M.Sc., PDEng



KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa karena anugerah-Nya yang luar biasa telah mengizinkan penulis menyelesaikan penelitian penelitian ini dengan tepat waktu. Penelitian berjudul “Studi Dinamika Proses Distilasi Reaktif Untuk Sintesis Etilen Glikol Diastet Menggunakan Aspen Plus” ini disusun sebagai salah satu bentuk prasyarat kelulusan Jurusan Proses Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan. Penulis menyadari tanpa orang-orang yang berada di samping penulis, laporan penelitian ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. I Gede Pandega W, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan laporan.
2. Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.EngSc., selaku dosen co-pembimbing yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan laporan.
3. Orang tua penulis yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan penelitian ini.
4. Teman-teman penulis yang telah memberikan kritik, saran, dukungan dan bantuan kepada penulis dalam proses penyusunan laporan.
5. Semua pihak yang telah ikut membantu penulis dalam proses penyusunan laporan

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini.

Akhir kata, penulis mengharapkan melalui laporan penelitian ini dapat membantu memperluas pengetahuan para pembaca.

Bandung, 18 September 2018

Penulis

DAFTAR ISI



COVER DALAM	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR SIMBOL	x
INTISARI	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah	1
1.3 Identifikasi masalah	1
1.4 Premis	2
1.5 Hipotesis	2
1.6 Tujuan Penelitian	2
1.7 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Reactive Distillation (RD)</i>	3
2.2 Esterifikasi	6
2.3 <i>Ethylene Glycol Diacetate</i>	6
2.4 <i>Ethylene Glycol Monoacetate</i>	7
2.5 <i>Ethylene Glycol</i>	8
2.6 <i>Ethylene Oxide</i>	8
2.7 Asam asetat	9
2.8 Kinetika Reaksi	10
2.8.1 Kinetika Reaksi Esterifikasi <i>Ethylene Glycol</i>	10
2.8.2 Kinetika Reaksi Hidrasi <i>Ethylene Oxide</i>	10
2.9 Katalis	11
2.10 Tinjauan Metode Termodinamika	12
2.11 UNIQUAC	13

BAB III BAHAN DAN METODE.....	15
3.1 Software	15
3.2 Peralatan	15
3.3 Prosedur Percobaan	15
3.3.1 Validasi Steady State	15
3.3.2 Simulasi <i>Steady State</i>	17
3.4 Algoritma	18
3.5 Rencana Kerja Penelitian.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Validasi Steady State	20
BAB V KESIMPULAN	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN	33



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Reactive tray.....	3
Gambar 2. 2 Jenis-jenis wadah katalis pada kolom RD.	5
Gambar 2. 3 Grafik Perbedaan Katalis dalam Mengonversi Etilen Glikol.....	11
Gambar 2. 4 Diagram alir penentuan model termodinamika.	12
Gambar 3. 1 Model Steady State.....	16
Gambar 3. 2 Profil komposisi dalam kolom RD.....	16
Gambar 4. 1 Diagram Alir Proses.....	20
Gambar 4. 2 Komponen Simulasi Proses.....	21
Gambar 4. 3 Reaksi yang terjadi.	21
Gambar 4. 4 Data Input Kinetika Reaksi.....	21
Gambar 4. 5 Data Input Laju Umpan (Feed).....	22
Gambar 4. 6 Data Input Kolom Distilasi Reaktif.....	22
Gambar 4. 7 Hasil Validasi Laju Alir Komponen Pada Setiap Alur.....	23
Gambar 4. 8 Hasil Validasi Profil Komposisi Dalam Kolom RD.....	23
Gambar 4. 9 Profil Komposisi Dalam Kolom RD pada Literatur.....	23
Gambar 4. 10 Profil Komposisi dalam Kolom RD dengan Step Reflux Ratio +10%.....	25
Gambar 4. 11 Profil Komposisi dalam Kolom RD dengan Step <i>Reflux Ratio</i> +5%.....	25
Gambar 4. 12 Profil Komposisi dalam Kolom RD dengan Step Reflux Ratio -5%.....	25
Gambar 4. 13 Profil Komposisi dalam Kolom RD dengan Step Reflux Ratio -10%.....	26
Gambar 4. 14 Profil Komposisi dalam Kolom RD dengan Step <i>Reboiler Duty</i> +10%.....	26
Gambar 4. 15 Profil Komposisi dalam Kolom RD dengan Step <i>Reboiler Duty</i> +5%.....	27
Gambar 4. 16 Profil Komposisi dalam Kolom RD dengan Step <i>Reboiler Duty</i> -5%.....	27
Gambar 4. 17 Profil Komposisi dalam Kolom RD dengan Step <i>Reboiler Duty</i> -10%.....	27
Gambar 4. 18 Profil Gain Pada Setiap Gangguan input Reflux Ratio.....	23
Gambar A.1 Profil Fraksi EGDA Terhadap Input Rasio Refluks.	33
Gambar A.2 Profil Fraksi Air Terhadap Input Rasio Refluks.	33
Gambar A.3 Profil Fraksi EGDA Terhadap Input <i>Reboiler Duty</i>	34
Gambar A.4 Profil Fraksi Air Terhadap Input <i>Reboiler Duty</i>	34

DAFTAR SIMBOL

F = Jumlah mol umpan

D = Jumlah mol distilat

W = Jumlah mol bottom

Z_F = fraksi mol umpan

Z_D = fraksi mol distilat

H_F = entalpi umpan

H_D = entalpi distilat

H_W = entalpi bottom

Q_C = kalor pada kondensor

Q_B = kalor pada reboiler

Q_{Ln} = kalor pada bagian enriching section

Q_{Lm} = kalor pada bagian stripping section

$N_{i,jII}$ = laju alir molar fasa cair komponen i meninggalkan tray j

$N_{i,jI}$ = laju alir molar fasa uap komponen i meninggalkan tray j

$F_{i,j}$ = laju alir molar umpan komponen i pada tray j

$V_{i,k}$ = koefisien stoikiometri komponen i pada tray j

$\xi_{k,j}$ = persamaan kinetika reaksi k pada tray j

r = jumlah reaksi yang terjadi pada tray j

H_{jI} = entalpi fasa uap keluaran tray j

H_{jII} = entalpi fasa cair keluaran tray j

H_{Fj} = entalpi umpan pada tray j

Q_j = kalor yang di pasok pada tray j



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Ethylene Glycol Diacetate	6
Tabel 2.2 Karakteristik Ethylene Glycol Monoacetate.	7
Tabel 2.3 Karakteristik Ethylene Glycol.....	8
Tabel 2.4 Karakteristik <i>Ethylene oxide</i>	8
Tabel 2. 5 Karakteristik Asam Asetat	9
Tabel 2. 6 Energi Aktivasi (E_a) dan Tetapan laju reaksi (k^0)	10
Tabel 3. 1 Rencana Kerja Penelitian	19
Tabel 4. 1 Perbandingan fraksi mol bottom hasil simulasi dengan literatur.	24
Tabel 4. 2 Perbandingan fraksi mol distilat hasil simulasi dengan literatur.	24
Tabel 4. 3 Perbandingan fraksi mol EGDA pada bottom dan air pada distilat apabila diberi step reflux ratio.	24
Tabel 4. 4 Perbandingan fraksi mol EGDA pada bottom dan air pada distilat apabila diberi step Reboiler Duty.	26
Tabel 4. 5 Perbandingan fraksi EGDA pada bottom antara step reflux ratio dengan reboiler duty.	27
Tabel 4. 6 Perbandingan gain pada saat input diubah-ubah.....	28



INTISARI

Distilasi reaktif merupakan salah satu pengembangan unit distilasi yang menggabungkan proses pemisahan dan proses reaksi dalam satu unit. Dengan menggabungkan kedua proses tersebut maka proses dapat berlangsung lebih baik dalam segi efisiensi, efektivitas, dan keekonomisan dibandingkan proses yang berlangsung dalam unit yang terpisah.

Salah satu proses yang kompleks yang bisa didapati di industri kimia adalah *reactive distillation* (RD). RD merupakan intensifikasi proses yang menggabungkan reaktor dan distilasi dalam satu alat. Penggabungan ini mengakibatkan proses pemisahan dan reaksi terjadi dalam satu kolom sehingga metode ini lebih efektif, efisien, dan ekonomis. Sistem kendali dalam kolom RD biasanya meninjau komposisi produk atas dan bawah sebagai output atau *controlled variable* (CV) sedangkan input berupa *disturbance* (D) adalah temperatur umpan atau komposisi umpan..

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari simulasi *steady state*. Untuk mencapai tujuan ini, model *steady state* kolom RD dalam Aspen Plus dan akan divalidasi dengan data literatur yang ada. Setelah validasi, akan dilakukan gangguan dengan *step test* menggunakan Aspen Plus, sehingga didapatkan data-data untuk melihat linear atau nonlinearnya proses dari hasil simulasi *steady state*. Adapun proses kimia yang diaplikasikan dalam kolom RD ini adalah produksi *ethylene glycol diacetat* yang banyak digunakan sebagai pelarut dan bahan baku *speciality chemical* sehingga memiliki nilai ekonomis yang tinggi.

Kata kunci: *reactive distillation*, *ethylene glycol diacetat*, esterifikasi, Aspen Plus Dynamic

BAB I

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Model dinamika proses umumnya sulit didapat melalui model-model fundamental, terlebih dalam suatu proses yang kompleks. Salah satu proses yang kompleks yang bisa didapat di industri kimia adalah *reactive distillation* (RD). RD merupakan intensifikasi proses yang menggabungkan reaktor dan distilasi dalam satu alat.

RD cocok digunakan untuk menjalankan reaksi-reaksi eksotermal kesetimbangan, seperti esterifikasi. Salah satu produk esterifikasi yang bernilai adalah *ethylene glycol diacetat* (EGDA) yang bisa didapat dari reaksi esterifikasi antara *ethylene glycol* (EG) dengan asam asetat (HAC) dimana proses ini juga dibantu oleh reaksi hidrasi *ethylene oxide* (EO) sebagai reaksi tambahan. Reaksi hidrasi EO membantu meningkatkan produksi EGDA. [1]

Berdasarkan fakta bahwa produk *ethylene glycol diacetat* yang bernilai tinggi akan lebih cocok diproduksi melalui esterifikasi dalam kolom RD.

1.2 Tema Sentral Masalah

Tema sentral masalah dalam penelitian yang akan dilakukan ini adalah mensimulasikan proses esterifikasi etilen glikol diasetat (EGDA) menggunakan software *Aspen Plus* untuk mendapatkan komposisi keluaran kolom, beban reboiler serta laju alir refluks.

1.3 Identifikasi masalah

- Bagaimana *reflux ratio* mempengaruhi komposisi produk di distilat dan *bottom* pada proses distilasi reaktif.
- Bagaimana beban reboiler mempengaruhi komposisi produk di distilat dan *bottom* pada proses distilasi reakti

1.4 Premis

- Kemurnian etilen glikol diasetat (EGDA) yang tinggi bisa didapat didalam distilasi reaktif [1]
- Model termodinamika yang digunakan pada proses esterifikasi etilen glikol diasetat (EGDA) adalah model UNIQUAC.
- Reaksi hidrasi etilen oksida (EO) dianggap terjadi pada setiap tray pada fasa cair [2] sementara reaksi esterifikasi etilen glikol terjadi pada bagian bawah kolom distilasi reaktif [3]
- Katalis yang digunakan untuk reaksi esterifikasi ethylene glycol diacetate adalah [Silica-Ps-im]HSO₄. [4]

1.5 Hipotesis

- Dinamika fraksi distilat terhadap perubahan laju refluks lebih sensitif terhadap beban reboiler.
- Terdapat jumlah katalis optimum yang menghasilkan produk utama yang maksimum.

1.6 Tujuan Penelitian

Mendapatkan nilai-nilai parameter validasi simulasi *steady state* dari kolom distilasi reaktif .

1.7 Manfaat Penelitian

- Bagi penulis
Sebagai sarana untuk melatih dan mengembangkan kemampuan dalam bidang penelitian, serta menambah pengetahuan penulis tentang distilasi reaktif.
- Bagi industri
Memberikan pengetahuan dan masukan dalam mempertimbangkan penggunaan alat distilasi reaktif karena dapat mengurangi biaya pembuatan alat serta meningkatkan profit dari suatu industri.