

**SIMULASI DINAMIKA PROSES DISTILASI  
REAKTIF PRODUKSI ETIL ASETAT  
MENGUNAKAN ASPEN DYNAMICS**

**Laporan Penelitian**

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

oleh:

**Stefanus Setiadi (6214066)**

Pembimbing:

**Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc.**

**I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T.**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2018**



## LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : **SIMULASI DINAMIKA PROSES DISTILASI REAKTIF PRODUKSI  
ETIL ASETAT MENGGUNAKAN ASPEN DYNAMICS**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Bandung, 17 Januari 2018

Pembimbing Utama

Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc

Pembimbing Kedua

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

JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN



### **SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Stefanus Setiadi

NPM : 2014620066

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

### **SIMULASI DINAMIKA PROSES DISTILASI REAKTIF PRODUKSI ETIL ASETAT MENGGUNAKAN ASPEN DYNAMICS**

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

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

Bandung, 17 Januari 2018

Stefanus Setiadi  
(2014620066)



## LEMBAR REVISI

**JUDUL : SIMULASI DINAMIKA PROSES DISTILASI REAKTIF PRODUKSI  
ETIL ASETAT MENGGUNAKAN ASPEN DYNAMICS**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 17 Januari 2018

Penguji

Dr. Ir. Budi Huseo Bisowarno, M.Eng

Penguji

Yansen Hartanto, S.T., M.T.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kuasa-Nya sehingga laporan penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk mengambil salah satu mata kuliah Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan, yaitu ICE-330 Penelitian.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penulis tentunya mendapatkan banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih untuk masing-masing pihak yang telah memberikan dukungan tersebut, yaitu:

1. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan secara moral dan secara finansial.
2. Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc. sebagai dosen pembimbing utama yang telah memberikan penulis pengarahan dan saran pada saat pembuatan laporan penelitian.
3. I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing kedua yang telah membantu penulis dengan memberikan pengarahan, saran, dan dukungan moral selama penelitian berlangsung.
4. Teman-teman penulis yang telah memberikan dukungan moral serta semangat kepada penulis untuk dapat menyelesaikan laporan penelitian ini.
5. Semua pihak lain yang secara langsung ataupun tidak langsung berkontribusi dalam penyelesaian laporan penelitian ini, baik dalam dukungan moral ataupun material.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini belum sempurna dan masih banyak hal yang bisa diperbaiki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak yang telah membaca laporan penelitian ini. Kritik dan saran tersebut dapat berguna untuk membantu penulis dalam penyelesaian karya ilmiah selanjutnya. Akhir kata, penulis berharap agar laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bandung, 17 Januari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

COVER DALAM .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	3
1.3 Identifikasi Masalah.....	4
1.4 Batasan Masalah Awal.....	4
1.5 Premis .....	4
1.6 Hipotesis Penelitian .....	5
1.7 Tujuan Penelitian.....	5
1.8 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Dinamika Proses .....	7
2.2 Jenis Fungsi Alih .....	8
2.3 Parameter Fungsi Alih .....	9
2.4 Metode Penentuan Parameter.....	10
2.5 Sistem Pengendalian .....	13
2.6 Reactive Distillation (RD).....	14

2.7	Model proses dalam distilasi reaktif .....	16
2.8	Pengendalian Dalam Distilasi Reaktif .....	19
2.9	Data Fisik Senyawa Kimia.....	21
2.10	Esterifikasi Etil Asetat .....	23
2.11	Model Termodinamika NRTL.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		29
3.1	Studi Literatur.....	29
3.2	Validasi Model Simulasi pada Keadaan <i>Steady State</i> dengan Literatur .....	29
3.3	Studi Dinamika Proses.....	31
3.4	Penentuan Parameter Fungsi Alih Proses .....	32
3.5	Jadwal Kerja.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		34
4.1	Studi Literatur.....	34
4.2	Validasi Model dengan Literatur.....	35
4.3	Studi Dinamika Proses.....	36
4.4	Penentuan Fungsi Alih Proses dan Parameter-Parameternya .....	36
4.4.1	Beban Reboiler dengan Laju Keluaran Etil Asetat pada Produk Atas .....	37
4.4.2	Beban Reboiler dengan Laju Keluaran Asam Asetat pada Bottom .....	40
4.4.3	Laju Alir Refluks dengan Laju Keluaran Etil Asetat pada Produk Atas .....	43
4.4.4	Laju Alir Refluks dengan Laju Keluaran Asam Asetat pada Produk Bawah ..	47
4.5	Perbandingan Hasil pada Setiap <i>Input Variable</i> dengan <i>Output</i> .....	50
4.5.1	Beban Reboiler dengan Laju Alir Etil Asetat pada Produk Atas dan Asam Asetat pada Produk Bawah .....	51
4.5.2	Laju Alir Refluks dengan Laju Alir Etil Asetat pada Produk Atas dan Asam Asetat pada Produk Bawah .....	52
4.5.3	Laju Alir Asam Asetat pada Produk Bawah dengan Beban Reboiler dan Laju Alir Refluks .....	53

4.54 Laju Alir Etil Asetat pada Produk Atas dengan Beban Reboiler dan Laju Alir Refluks .....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran .....	57
DAFTAR PUSTAKA .....	58
LAMPIRAN A SCRIPT ASPEN PLUS DYNAMICS .....	60
A.1 Beban Reboiler.....	60
A.2 Laju Alir Refluks.....	62
LAMPIRAN B GRAFIK .....	64
B.1 Beban Reboiler dengan Laju Etil Asetat pada Produk Atas .....	64
B.2 Beban Reboiler dengan Laju Asam Asetat pada Produk Bawah .....	65
B.3 Laju Alir Refluks dengan Laju Etil Asetat pada Produk Atas .....	67
B.4 Laju Alir Refluks dengan Laju Asam Asetat pada Produk Bawah .....	68
LAMPIRAN C DATA ANTARA .....	70
C.1 Pendekatan Konstanta Laju Reaksi Backward ke dalam Persamaan Arrhenius.....	70



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Respon orde dua terhadap perubahan secara <i>step</i> .....	10
<b>Gambar 2.2</b> Respon sistem orde dua pada berbagai nilai <i>damping factor</i> .....	10
<b>Gambar 2.3</b> Metode 63.2% (Seborg, Edgar, Mellichamp, & Doyle III, 2010) .....	11
<b>Gambar 2.4</b> Metode <i>point of inflection</i> (Seborg, Edgar, Mellichamp, & Doyle III, 2010) .....	11
<b>Gambar 2.5</b> Grafik hubungan $t_{20}$ , $t_{60}$ , $\zeta$ dan $\tau$ (Seborg, Edgar, Mellichamp, & Doyle III, 2010) .....	12
<b>Gambar 2.6</b> <i>Feedback control system</i> (Seborg, Edgar, Mellichamp, & Doyle III, 2010)..	14
<b>Gambar 2.7</b> Feedback-feedforward control system (Seborg, Edgar, Mellichamp, & Doyle III, 2010).....	14
<b>Gambar 2.8</b> Bagian-bagian dalam distilasi reaktif (Shinde, Sapkal, Sapkal, & Raut, 2011) .....	15
<b>Gambar 2.9</b> Neraca massa dalam distilasi reaktif (Murat, Mohamed, & Bhatia, 2003) ....	17
<b>Gambar 2.10</b> Dua alternatif <i>Eastman control structure</i> (Luyben & Yu, 2008).....	20
<b>Gambar 2.11</b> Perolehan ester secara teoritis dengan variasi perbandingan reaktan (Seidel, 1996) .....	25
<b>Gambar 3.1</b> Tahap-tahap yang dilakukan pada penelitian.....	29
<b>Gambar 3.2</b> Proses pemasukan data spesifikasi kolom distilasi reaktif .....	30
<b>Gambar 3.3</b> Proses penentuan model termodinamika yang digunakan.....	30
<b>Gambar 3.4</b> Proses pemasukan data kinetika reaksi .....	31
<b>Gambar 4.1</b> Grafik hasil penelitian (Vora & Daoutidis, 2001).....	35
<b>Gambar 4.2</b> Grafik hasil simulasi.....	36
<b>Gambar 4.3</b> Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas.....	37
<b>Gambar 4.4</b> Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas.....	38

<b>Gambar 4.5</b> Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas .....	38
<b>Gambar 4.6</b> Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas .....	39
<b>Gambar 4.7</b> Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah.....	40
<b>Gambar 4.8</b> Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah.....	41
<b>Gambar 4.9</b> Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah .....	42
<b>Gambar 4.10</b> Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah .....	42
<b>Gambar 4.11</b> Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas.....	44
<b>Gambar 4.12</b> Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas.....	44
<b>Gambar 4.13</b> Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas.....	45
<b>Gambar 4.14</b> Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable laju alir refluks dengan output laju keluaran etil asetat pada produk atas .....	46
<b>Gambar 4.15</b> Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah.....	47
<b>Gambar 4.16</b> Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah.....	48
<b>Gambar 4.17</b> Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah.....	49
<b>Gambar 4.18</b> Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah.....	49
<b>Gambar A.1</b> Script task untuk gangguan pertama beban reboiler .....	60

<b>Gambar A.2</b> Script task untuk gangguan kedua beban reboiler.....	60
<b>Gambar A.3</b> Script task untuk gangguan ketiga beban reboiler .....	61
<b>Gambar A.4</b> Script task untuk gangguan keempat beban reboiler.....	61
<b>Gambar A.5</b> Script task untuk gangguan pertama laju alir refluks .....	62
<b>Gambar A.6</b> Script task untuk gangguan kedua laju alir refluks .....	62
<b>Gambar A.7</b> Script task untuk gangguan ketiga laju alir refluks .....	63
<b>Gambar A.8</b> Script task untuk gangguan keempat laju alir refluks .....	63
<b>Gambar B.1</b> Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas.....	64
<b>Gambar B.2</b> Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas.....	64
<b>Gambar B.3</b> Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas .....	65
<b>Gambar B.4</b> Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas .....	65
<b>Gambar B.5</b> Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah.....	65
<b>Gambar B.6</b> Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah.....	66
<b>Gambar B.7</b> Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah .....	66
<b>Gambar B.8</b> Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah .....	66
<b>Gambar B.9</b> Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas.....	67
<b>Gambar B.10</b> Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas.....	67
<b>Gambar B.11</b> Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran etil asetat pada produk atas.....	67

- Gambar B.12** Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable laju alir refluks dengan output laju keluaran etil asetat pada produk atas .....68
- Gambar B.13** Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah.....68
- Gambar B.14** Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah.....68
- Gambar B.15** Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah.....69
- Gambar B.16** Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable laju alir refluks dan output laju keluaran asam asetat pada produk bawah.....69

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penggunaan etil asetat di India tahun 2003-2004 .....	2
Tabel 2.1 Karakteristik proses distilasi reaktif .....	16
Tabel 2.2 Data fisik asam etanoat (ChemSpider, 2015) .....	21
Tabel 2.3 Data fisik etanol (Chemspider,2015).....	22
Tabel 2.4 Data fisik etil asetat (Chemspider, 2015) .....	22
Tabel 2.5 Aplikasi persamaan model aktivitas dalam berbagai sistem .....	26
Tabel 3.1 Studi dinamika esterifikasi etil asetat dengan distilasi reaktif .....	32
Tabel 3.2 Jadwal kerja penelitian .....	33
Tabel C.1 Pendekatan konstanta laju reaksi backward ke dalam persamaan Arrhenius .....	70

## INTISARI

Sebuah pabrik kimia memiliki empat komponen utama yaitu reaksi kimia, pemisahan, perpindahan panas, dan utilitas. Seiring dengan berjalannya perkembangan jaman, banyak alat yang telah dibuat dengan mengintegrasikan satu komponen dengan yang lainnya. Salah satu alat yang menggabungkan antara reaksi kimia dengan pemisahannya adalah distilasi reaktif. Aplikasi distilasi reaktif dalam industri kimia adalah sintesis etil asetat. Etil asetat adalah senyawa kimia yang digunakan sebagai bahan baku cat, parfum, dan pelarut dalam ekstraksi. Keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan distilasi reaktif pada proses ini adalah peningkatan konversi dan selektivitas sehingga produk yang didapatkan akan memiliki kemurnian lebih tinggi, selain itu penggabungan antara reaksi dengan pemisahan pada satu alat akan menghemat lahan yang dibutuhkan. Produksi etil asetat di Indonesia belum dapat memenuhi kebutuhan sehingga pemerintah masih perlu mengimpor untuk menutupi kekurangan tersebut.

Penelitian ini ditujukan untuk mendapatkan fungsi alih model sintesis etil asetat dengan kolom distilasi reaktif. Fungsi alih model yang didapatkan digunakan sebagai dasar untuk pengendalian sistem tersebut. Langkah awal yang dilakukan adalah simulasi model dalam keadaan tunak / *steady state* kemudian dilakukan simulasi dalam keadaan dinamis dengan cara memberikan gangguan-gangguan yaitu beban reboiler dan laju alir refluks pada model. Data hasil simulasi model secara dinamik akan diolah menjadi suatu fungsi alih dari proses sintesis etil asetat dengan menggunakan kolom distilasi reaktif.

Penelitian ini pertama-tama dilakukan studi literatur model simulasi sintesis etil asetat. Literatur yang digunakan harus mencakup model termodinamika yang digunakan, data kinetika reaksi, kondisi operasi proses, dan hasil simulasi yang telah dilakukan dalam keadaan *steady state*. Setelah itu model simulasi sintesis etil asetat dibuat dengan menggunakan *software* Aspen Plus dan dilakukan validasi. Selanjutnya model disimulasikan dengan diberikan perubahan berupa *input variable* dengan menggunakan *software* Aspen Plus Dynamics. Data hasil simulasi dinamik tersebut akan dilakukan pengolahan lebih lanjut dengan menggunakan *software* Control Station untuk mencari parameter-parameter fungsi alih yang sesuai dari model simulasi tersebut.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh jenis fungsi alih yang sesuai untuk seluruh pasangan *input variable* dengan output adalah fungsi alih orde 2 dengan *time delay* serta *lead time*. Adapun respon laju alir etil asetat pada produk atas maupun laju alir asam asetat pada produk bawah berbanding terbalik dengan perubahan beban reboiler. Perubahan laju alir asam asetat pada produk bawah lebih sensitif terhadap beban reboiler dibandingkan laju alir refluks. Output laju alir etil asetat pada produk atas lebih responsif terhadap perubahan laju alir refluks dibandingkan dengan beban reboiler.

Kata kunci : Aspen Plus Dynamics, fungsi alih, sintesis etil asetat, distilasi reaktif

## ABSTRACT

A chemical plant has four main processes: chemical reaction, separation, heat transfer, and utility. Recently, there are many equipments that can integrate between those processes. An equipment that combines chemical reaction and its separation is called reactive distillation. One of the application of reactive distillation in chemical industry is the synthesis of ethyl acetate. Ethyl acetate is a chemical compound used as a raw material of paints, perfumes, and solvents in extraction. The advantage of using reactive distillation are increased conversion and selectivity so that the product obtained will have higher purity. By combining chemical reaction and separation into one equipment, reactive distillation reduces the amount of space needed compared to the conventional one. Ethyl acetate production in Indonesia has not been able to meet the national quota so that the government still needs to import to cover the shortfall.

This research is aimed to get a transfer function model for esterification of ethyl acetate using reactive distillation. The transfer function model is used as a basis for controlling the system. The first step is to simulate the model in steady state condition and then simulated it in dynamic state by giving disturbances such as duty reboiler and reflux flow rate. The dynamic model simulation results will be processed into a transfer function of ethyl acetate synthesis process by using a reactive distillation column.

A literature study simulation model of synthesis of ethyl acetate is needed as the first step of this research. The literature has to include the thermodynamic model, the reaction kinetics, the operating conditions of the process, and the simulated results that have been performed in the steady state. The simulation model of ethyl acetate synthesis was made using Aspen Plus software and validated according to the literature. The simulation of the model was done by giving a change of input variable using Aspen Plus Dynamics software. Dynamic simulation result data will be processed by using Control Station software to find the parameters of the appropriate transfer function of the simulation model.

The results showed that the most suitable type of transfer function for every pair of input variable and output is second order transfer function with a time delay and lead time. Ethyl acetate flow rate at distillate and acetic acid flow rate at bottom responded inversely for input variable reboiler duty. Acetic acid flow rate at bottom is more sensitive to change in reboiler duty than reflux flow rate. Ethyl acetate flow rate at distillate is more responsive against change in reflux flow rate compared to reboiler duty.

**Keywords:** Aspen Plus Dynamics, transfer function, ethyl acetate synthesis, reactive distillation

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Kualitas produk dan masalah keamanan merupakan aspek yang terpenting dalam suatu pabrik kimia. Kedua aspek tersebut dapat dijaga tetap apabila pabrik tersebut dipasangkan alat pengendali. Perancangan alat pengendali yang sesuai membutuhkan data mengenai kelakuan sistem. Kelakuan sistem dapat diperoleh dengan cara memberikan perubahan *input* terhadap sistem dan dilihat bagaimana perubahan *output* yang terjadi. Perubahan *output* terhadap perubahan *input* suatu sistem digambarkan oleh fungsi alih proses. Fungsi alih proses dapat diperoleh dari peneracaan atau melalui *black box model* apabila proses yang diamati kompleks. Fungsi alih tersebut dianalisis performanya dengan menggunakan perubahan *set-point (servo)* atau gangguan (*regulator*) dalam proses. Dari sekian banyak proses yang terdapat dalam industri kimia, terdapat suatu proses yang menarik untuk dipelajari lebih lanjut, yaitu distilasi reaktif. Distilasi reaktif melibatkan reaksi kimia dan distilasi secara simultan (Gupta & Singh, 2016). Reaksi yang dibatasi dengan kesetimbangan kimia dapat digeser menuju ke produk apabila produk tersebut dihilangkan secara terus menerus dari reaktor. Esterifikasi etil asetat dengan etanol merupakan proses industri yang penting dimana distilasi reaktif dapat diaplikasikan (Gupta & Singh, 2016). Sistem yang terdiri dari etanol, asam asetat, etil asetat, dan air ini sangat tidak ideal dikarenakan adanya azeotrop yang terjadi antara etanol-air, etil asetat-air, etil asetat-etanol, dan etil asetat-air-etanol. Penggunaan distilasi reaktif dalam reaksi esterifikasi diharapkan dapat meningkatkan konversi etil asetat yang dihasilkan dengan menggeser arah kesetimbangan menuju produk.

Etil asetat adalah senyawa kimia yang memegang peran sebagai pelarut yang paling sering digunakan dalam industri. Alasan penggunaan senyawa ini dibandingkan dengan yang lain adalah kepolaran yang dimilikinya dan toksisitas yang rendah. Berdasarkan artikel ICIS yang dikeluarkan pada April 2008, minat pasar dunia diprediksi akan mengalami pertumbuhan sebesar 3-4% setiap tahunnya terhadap etil asetat. Hal ini disebabkan karena adanya kebutuhan yang besar akan etil asetat sebagai pelapis permukaan dan pengganti pelarut yang dilarang untuk



digunakan. Pengguna dan produsen etil asetat terbesar di dunia didominasi oleh Asia tenggara dan China. Etil asetat dapat digunakan sebagai pelarut ekstraksi dalam pemurnian antibiotik, pelarut untuk sari buah sintesis serta parfum, pelarut untuk pelapisan permukaan, dan sebagai bahan pengeras dalam cat. Pada **tabel 1.1** menjelaskan lebih lanjut mengenai penggunaan etil asetat pada tahun 2003-2004 di India.

**Tabel 1.1** Penggunaan etil asetat di India tahun 2003-2004 (Pankaj, 2004)

<b>CONSUMPTION PATTERN OF ETHYL ACETATE [2003-04]</b>		
<b>Sector</b>	<b>Consumption [Tons]</b>	<b>Share [%]</b>
Paints & Inks	13,750	25.0
Adhesives	5,500	10.0
Flexible packaging	13,750	25.0
Pharma	11,000	20.0
Al. Foils	5,500	10.0
Electronics	1,650	3.0
Misc. uses	3,850	7.0
<b>Total</b>	<b>55,000</b>	<b>100.0</b>

Pada dasarnya, pembuatan etil asetat berawal dari esterifikasi secara langsung dari etil alkohol dengan asam asetat. Proses tersebut dilakukan dengan cara pencampuran asam asetat dengan etil alkohol berlebih serta adanya penambahan sedikit asam sulfat. Asam sulfat memiliki sifat higroskopis sehingga dapat menghilangkan air yang terbentuk dari reaksi sehingga dapat mengubah arah kesetimbangan untuk membentuk etil asetat. Campuran tersebut akan menghasilkan asam asetat dengan konsentrasi sekitar 65%. Temperatur optimum yang digunakan dalam reaksi esterifikasi ini berada pada rentang 363 K – 400 K sedangkan untuk tekanan optimum yang umumnya dipakai adalah sekitar 20 bar – 40 bar.

Metode lain yang dapat digunakan untuk membuat etil asetat adalah reaksi Tishchenko. Reaksi Tishchenko ini dilaksanakan dengan cara menggabungkan dua buah asetaldehid yang sama atau ekuivalen dan ditambahkan dengan adanya alkoksida basa sebagai katalis. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh Tishchenko, reaksi tersebut dapat menghasilkan perolehan etil asetat dengan menggunakan asetaldehid dan aluminium etoksida sebagai katalis sebesar 61% pada suhu -20°C.

Proses pembuatan etil asetat terbaru adalah *Advanced Acetates by Direct Addition (AVADA) Technology*. Reaksi dalam proses ini menggunakan etilen, asam

asetat, dan air dengan keberadaan asam heteropolik sebagai katalis. Keberadaan air dapat berguna untuk menghilangkan produk samping yang dihasilkan dari reaksi. Temperatur yang biasanya digunakan adalah antara 160°C hingga 195°C dan tekanan yang digunakan berada pada rentang 1200 kPa sampai dengan 1500 kPa. Proses ini dapat menghasilkan etil asetat dengan konsentrasi 99% dan merupakan proses yang paling ramah lingkungan dibandingkan dengan yang lainnya. Hal ini disebabkan oleh penggunaan katalis padat sehingga pengolahan limbah yang dihasilkan tidak sebanyak reaksi esterifikasi konvensional dimana air dihasilkan sebanding dengan etil asetat (Rothernberg, 2008).

Penggunaan metode distilasi reaktif dalam produksi etil asetat sudah dilakukan dalam skala *pilot plant* (Lai, Liu, Yu, Lee, & Huang, 2007). Perkembangan tersebut berlanjut hingga adanya paten mengenai produksi etil asetat dengan distilasi reaktif yang dimiliki oleh Greenyug, Llc pada tahun 2013. Pabrik etil asetat lainnya masih menggunakan metode konvensional ataupun AVADA. Salah satu pabrik di Indonesia yaitu PT Indo Acidatama Tbk menggunakan reaksi esterifikasi untuk memproduksi etil asetat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai dinamika proses yang terjadi pada distilasi reaktif dan aplikasinya dalam dunia industri.

Hal yang pertama dilakukan adalah validasi model proses esterifikasi etil asetat menggunakan kolom distilasi reaktif. Model proses yang akan digunakan adalah model pada keadaan *steady state*. Model tersebut akan diberikan perubahan variabel *input* dan dilihat bagaimana dinamika yang terjadi. Hasil dari studi dinamika yang dilakukan adalah model fungsi alih yang menghubungkan antara variabel *input* dengan variabel *output*. Tahapan selanjutnya adalah penentuan parameter-parameter fungsi alih dari model simulasi yang telah diberi perubahan *input*. Fungsi alih ini memiliki tujuan yaitu memberikan suatu gambaran pada sistem dalam hal pengendalian yang perlu dilakukan.

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Tema sentral masalah pada penelitian ini adalah **analisa responsivitas, kenonlinearan, dan sensitivitas fungsi alih proses dari reaksi esterifikasi etil asetat serta pemisahannya dengan menggunakan proses distilasi reaktif.**

### 1.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana persamaan fungsi alih proses antara *input variable* komposisi masukan (*feed*) dengan *output* laju keluaran etil asetat pada produk atas dan asam asetat pada produk bawah?
2. Bagaimana persamaan fungsi alih proses antara *input variable* beban reboiler dengan *output* laju keluaran etil asetat pada produk atas dan asam asetat pada produk bawah?
3. Bagaimana responsivitas, kenonlinearan, dan sensitivitas fungsi alih proses antara *input variable* komposisi masukan (*feed*) dengan *output* laju keluaran etil asetat pada produk atas dan asam asetat pada produk bawah?
4. Bagaimana responsivitas, kenonlinearan, dan sensitivitas fungsi alih proses antara *input variable* beban reboiler dengan *output* laju keluaran etil asetat pada produk atas dan asam asetat pada produk bawah?

### 1.4 Batasan Masalah Awal

Batasan masalah awal pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. *Software* yang digunakan pada penelitian ini untuk simulasi reaksi esterifikasi etil asetat serta pemisahannya menggunakan proses distilasi reaktif adalah Aspen Plus v8.8 dan Aspen Plus Dynamics v8.8.
2. *Software* yang digunakan untuk mendapatkan persamaan fungsi alih pada penelitian ini adalah Control Station v3.7.
3. Dalam menyimulasikan proses esterifikasi etil asetat dengan distilasi reaktif digunakan metode RadFrac.

### 1.5 Premis

Premis-premis yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jumlah umpan yang dimasukkan sesuai dengan koefisien stoikiometris dari reaksi (Vora & Daoutidis, 2001)
2. Penggunaan dua lokasi umpan yang berbeda akan meningkatkan konversi keseluruhan dari reaksi esterifikasi etil asetat (Vora & Daoutidis, 2001)

## 1.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Persamaan fungsi alih proses untuk *input variable* laju alir refluks dengan *output* laju keluaran etil asetat pada produk atas dan asam asetat pada produk bawah merupakan fungsi alih orde tinggi.
2. Persamaan fungsi alih proses untuk *input variable* beban reboiler dengan *output* laju keluaran etil asetat pada produk atas dan asam asetat pada produk bawah merupakan fungsi alih orde tinggi.
3. Fungsi alih proses untuk *input variable* laju alir refluks dengan *output* laju keluaran etil asetat pada produk atas dan asam asetat pada produk bawah merupakan fungsi alih yang responsif, non-linear, dan sensitif terhadap perubahan.
4. Fungsi alih proses untuk *input variable* beban reboiler dengan *output* laju keluaran etil asetat pada produk atas dan asam asetat pada produk bawah merupakan fungsi alih yang responsif, non-linear, dan sensitif terhadap perubahan.

## 1.7 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan persamaan fungsi alih proses dari reaksi esterifikasi etil asetat dan pemisahannya menggunakan distilasi reaktif.
2. Mempelajari responsivitas, kenonlinearan, dan sensitivitas fungsi alih proses dari reaksi esterifikasi etil asetat dan pemisahannya menggunakan distilasi reaktif.

## 1.8 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

### 1. Bagi Industri

Manfaat penelitian ini bagi industri yaitu meningkatkan efisiensi dalam produksi etil asetat dalam aspek laju yang dihasilkan dan biaya yang diperlukan.

### 2. Bagi Pemerintah

Manfaat penelitian ini bagi pemerintah yaitu meningkatkan produksi etil asetat sehingga dapat memenuhi kebutuhan etil asetat nasional yang dibutuhkan oleh beberapa industri di Indonesia.

### 3. Bagi Ilmuwan

Manfaat penelitian ini bagi ilmuwan yaitu penambahan sebuah sumber referensi ilmiah tentang model esterifikasi etil asetat dengan distilasi reaktif dimana seluruh spesifikasinya diberikan dan parameter-parameter fungsi alih prosesnya sehingga dapat dijadikan acuan untuk penelitian mengenai esterifikasi etil asetat lebih lanjut.