

# **SIMULASI KOLOM *REACTIVE DISTILLATION* UNTUK PEMBUATAN AMIL ASETAT**

**ICE 410- Penelitian**

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

Oleh:

Steven Mikael (6210133)



Pembimbing:

Herry Santoso, ST, MTM, Ph.D



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2017**

No. Kode	: TK MIK 5/17
Tanggal	: 23 Januari 2018
No. Ind.	: 4285- FTI / Skp 35030
Divisi	:
Hadiah / Selli	:
Dari	: FTI



## LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL: SIMULASI KOLOM *REACTIVE DISTILLATION* UNTUK PEMBUATAN AMIL ASETAT**

**CATATAN/KOMENTAR:**

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 25 Juli 2017

Pembimbing

Herry Santoso, ST, MTM, Ph.D

Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Katolik Parahyangan Bandung



### **SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini,

Nama : Steven Mikael

NRP : 6210133

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**"SIMULASI KOLOM *REACTIVE DISTILLATION* UNTUK PEMBUATAN AMIL  
ASETAT"**

Adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat, atau 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 , 25 Juli 2017

Steven Mikael  
(6210133)



## LEMBAR REVISI

JUDUL: **SIMULASI KOLOM *REACTIVE DISTILLATION* UNTUK PEMBUATAN AMIL ASETAT**

**CATATAN/KOMENTAR:**

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 25 Juli 2017

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

Bandung, 25 Juli 2017

Hans Kristianto, S.T., M.T.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada TUHAN atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “SIMULASI KOLOM *REACTIVE DISTILLATION* UNTUK PEMBUATAN AMIL ASETAT” ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Penulisan laporan penelitian ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah ICE 410 Penelitian Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penulisan laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, secara khusus penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Herry Santoso, ST, MTM, Ph.D selaku dosen pembimbing penelitian ini, atas bimbingan, pengarahan dan waktunya selama penyusunan laporan penelitian ini.
2. Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan baik secara moral maupun material.
3. Saudara Victor Abednego yang telah memberikan dukungan moral, pengetahuan dan tenaga selama proses penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan penelitian ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhir kata, penulis berharap agar laporan penelitian ini bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 25 Juli 2017

Penulis





## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
INTISARI .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tema Sentral Masalah .....	2
1.3 Perumusan Masalah .....	2
1.4 Premis .....	3
1.5 Tujuan Penelitian .....	3
1.6 Manfaat Penelitian .....	4
1.6.1 Bagi Industri .....	4
1.6.2 Bagi Ilmu Pengetahuan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Ester .....	5
2.1.1 Amil Asetat .....	6
2.2 Reaksi Esterifikasi .....	8
2.2.1 Esterifikasi Amil Asetat .....	10
2.3 Distilasi .....	10
2.4 Reaktor .....	13
2.4.1 Reaksi Reversibel .....	15
2.5 Distilasi Reaktif .....	17
2.5.1 Zona Distilasi Reaktif .....	17
2.5.2 Keuntungan Distilasi Reaktif .....	19
2.5.3 Parameter yang Berpengaruh dalam Proses Distilasi Reaktif .....	19
2.5.3.1 Pengaruh HoldUp pada Tray Reaktif .....	19
2.5.3.2 Pengaruh Jumlah Tray Reaktif .....	19

2.5.3.3 Pengaruh Letak Umpan Masuk.....	20
2.5.3.4 Pengaruh Jumlah Tray Rectifying dan Stripping.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Studi Pustaka.....	21
3.2 Studi Simulator Aspen Plus.....	21
3.3 Pembuatan Model Proses Kolom Distilasi Reaktif.....	21
3.4 Validasi Model.....	22
3.5 Simulasi Proses.....	23
3.6 Lokasi dan Rencana Kerja Penelitian.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Pembuatan Kolom Reactive Distillation.....	25
4.2 Simulasi Kolom Distilasi Reaktif.....	34
4.2.1 Pengaruh Reflux Ratio.....	34
4.2.2 Pengaruh Reboiler Duty.....	37
4.2.3 Pengaruh Jumlah Tray Rectifying.....	39
4.2.4 Pengaruh Jumlah Tray Reaktif.....	41
4.2.5 Pengaruh Jumlah Tray Stripping.....	44
4.2.6 Pengaruh Letak Umpan Pentanol dan Asam Asetat.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN A HASIL ANTARA.....	54

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Proses Konvensional dan Distilasi Reaktif .....	18
<b>Gambar 3.1</b> Flowsheet Proses Distilasi Reaktif Amil Asetat .....	22
<b>Gambar 4.1</b> Flowsheet Proses Distilasi Reaktif.....	25
<b>Gambar 4.2</b> Komponen Pembuatan Amil Asetat.....	26
<b>Gambar 4.3</b> Kondisi Operasi Umpan Pentanol.....	27
<b>Gambar 4.4</b> Kondisi Operasi Umpan Asam Asetat .....	27
<b>Gambar 4.5</b> Konfigurasi Kolom.....	28
<b>Gambar 4.6</b> Dried Up Stage.....	28
<b>Gambar 4.7</b> Konfigurasi Kolom Baru.....	29
<b>Gambar 4.8</b> Tahap Aliran Umpan dan Aliran Produk .....	29
<b>Gambar 4.9</b> Tekanan Kolom.....	30
<b>Gambar 4.10</b> Reaksi Pentanol dan Asam Asetat.....	30
<b>Gambar 4.11</b> Kinetika Reaksi Maju.....	31
<b>Gambar 4.12</b> Kinetika Reaksi Mundur .....	31
<b>Gambar 4.13</b> Penentuan Zona Reaktif.....	32
<b>Gambar 4.14</b> Liquid Holdup .....	32
<b>Gambar 4.15</b> Profil Temperatur dari Aspen Plus.....	33
<b>Gambar 4.16</b> Profil Temperatur dari Luyben.....	34
<b>Gambar 4.17</b> Kurva Kemurnian Produk Atas terhadap Reflux Rasio .....	35
<b>Gambar 4.18</b> Kurva Kemurnian Produk Bawah terhadap Reflux Rasio .....	35
<b>Gambar 4.19</b> Kurva Konversi terhadap Reflux Rasio .....	36
<b>Gambar 4.20</b> Kurva Kemurnian Produk Atas terhadap Reboiler Duty .....	37
<b>Gambar 4.21</b> Kurva Kemurnian Produk Bawah terhadap Reboiler Duty.....	38
<b>Gambar 4.22</b> Kurva Konversi terhadap Reboiler Duty.....	38
<b>Gambar 4.23</b> Kurva Kemurnian Produk Atas terhadap Nr.....	39
<b>Gambar 4.24</b> Kurva Kemurnian Produk Bawah terhadap Nr .....	40
<b>Gambar 4.25</b> Kurva Konversi terhadap Nr .....	40
<b>Gambar 4.26</b> Kurva Kemurnian Produk Atas terhadap Nrx.....	42



<b>Gambar 4.27</b> Kurva Kemurnian Produk Bawah terhadap Nrx .....	42
<b>Gambar 4.28</b> Kurva Konversi terhadap Nrx .....	43
<b>Gambar 4.29</b> Kurva Kemurnian Produk Atas terhadap Ns.....	44
<b>Gambar 4.30</b> Kurva Kemurnian Produk Bawah terhadap Ns.....	44
<b>Gambar 4.31</b> Kurva Konversi terhadap Ns.....	45
<b>Gambar 4.32</b> Kurva Kemurnian Produk Atas terhadap Lokasi Umpan Asam Asetat.....	46
<b>Gambar 4.33</b> Kurva Kemurnian Produk Bawah terhadap Lokasi Umpan Asam Asetat ...	46
<b>Gambar 4.34</b> Kurva Konversi terhadap Lokasi Umpan Asam Asetat .....	47
<b>Gambar 4.35</b> Kurva Kemurnian Produk Atas terhadap Lokasi Umpan Pentanol .....	48
<b>Gambar 4.36</b> Kurva Kemurnian Produk Bawah terhadap Lokasi Umpan Pentanol.....	49
<b>Gambar 4.37</b> Kurva Konversi terhadap Lokasi Umpan Pentanol.....	49

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Data Operasi Pembuatan Amil Asetat .....	26
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Simulasi Aspen Plus .....	33



## INTISARI

Sistem Distilasi Reaktif merupakan sistem yang menggabungkan proses distilasi dengan proses reaksi kimia dalam satu kolom. Distilasi Reaktif memiliki 3 zona dalam sistemnya yaitu zona reaktif, *rectifying*, dan *stripping*. Reaksi akan dilangsungkan pada zona reaktif dan pemisahan atau distilasi dilangsungkan pada zona *rectifying* dan *stripping*. Sistem ini memiliki keunggulan dibandingkan sistem terpisah terutama saat digunakan untuk proses reaksi reversible. Sistem ini dapat digunakan untuk reaksi esterifikasi amil asetat.

Proses awal dalam berlangsungnya suatu proses reaksi adalah proses desain system yang akan digunakan untuk melaksanakan suatu proses reaksi tersebut, dalam hal ini adalah proses desain distilasi reaktif untuk esterifikasi amil asetat. Selanjutnya perlu dilakukan proses validasi untuk memastikan kelayakan desain proses yang akan digunakan. Proses desain dan ini dilakukan dengan menggunakan program Aspen Plus. Program ini digunakan untuk modeling system distilasi reaktif untuk esterifikasi amil asetat dan juga melakukan proses simulasi.

Proses simulasi kolom distilasi reaktif dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan variabel manipulasi yang akan digunakan dan variable terkontrolnya. Variabel yang akan dimanipulasikan adalah *reflux ratio*, *reboiler duty*, jumlah tahap di masing-masing zona, dan letak umpan masuk. Variable-variable ini akan diamati pengaruhnya terhadap variabel terkontrol yang berupa kemurnian produk di atas, kemurnian produk bawah, dan konversi reaktan.

Proses simulasi ini menghasilkan bahwa perubahan rasio refluks dari 45 hingga 75 memberi peningkatan pada kemurnian produk atas, dan peningkatan serta penurunan pada kemurnian produk bawah, dan konversi. Perubahan reboiler duty membawa peningkatan pada kemurnian produk atas, bawah, dan konversi, serta penurunan pada kemurnian produk atas. Perubahan jumlah tahap *rectifying* dan reaktif masing-masing memberi peningkatan pada kemurnian produk bawah dan konversi, dan tidak memberi efek kepada kemurnian produk atas. Perubahan tahap *stripping* menunjukkan tidak perlunya zona *stripping* untuk proses ini. Perubahan letak umpan menunjukkan bahwa semakin dekat kedua umpan akan meningkatkan konversi dan kemurnian produk atas dan bawah.



## ABSTRACT

Reactive distillation system is a system that combines distillation process with chemical reaction process in one column. Reactive distillation has 3 zones in the system that is reactive zone, rectifying, and stripping. The reaction will be carried out in the reactive zone and separation or distillation is carried out in the rectifying and stripping zone. This system has advantages over separate systems especially when used for reversible reaction processes. This system can be used for esterification reaction of amyl acetate.

Initial process in the course of a reaction process is a system design process which will be used to carry out a reaction process, in this case is the process of reactive distillation design for esterification of amyl acetate. Furthermore, the validation process needs to be done to ensure the feasibility of the design process to be used. The design process and this is done by using Aspen Plus program. This program is used for modeling reactive distillation system for esterification of amyl acetate and also conducting simulation process.

The process of simulating a reactive distillation column is done by first determining the manipulation variable to be used and the controlled variable. The variables to be manipulated are reflux ratio, reboiler duty, number of stages in each zone, and the location of the incoming feed. These variables will be observed to influence the controlled variables in the form of product purity above, lower product purity, and conversion of reactants.

This simulation process resulted in a change in reflux ratio of 45 to 75 giving an increase in the purity of the top product, and an increase and decrease in lower product purity, and conversion. The reboiler duty changes bring an increase in the purity of top, bottom, and conversion products, as well as a decrease in top product purity. Changes in the number of rectifying and reactive stages each give rise to lower product purity and conversion, and have no effect on the purity of the top product. The stripping stage change indicates no need for stripping zones for this process. The feed location change indicates that the closer the two feeds will increase the conversion and purity of the top and bottom products.





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Amil asetat merupakan salah satu contoh dari senyawa ester yang memiliki banyak kegunaan terutama di dalam industri kimia. Amil asetat umum digunakan sebagai bahan baku maupun bahan *intermediet*. Beberapa industri yang umum menggunakan amil asetat adalah industri farmasi, industri kimia, dan industri makanan. Fungsi amil asetat sebagai pelarut dalam proses pembuatan selulosa nitrat dan etil selulosa merupakan salah satu peran amil asetat dalam industri kimia. Sedangkan dalam industri makanan, amil asetat umum digunakan sebagai senyawa yang dapat memberikan rasa pada makanan. Selain itu, amil asetat dapat digunakan dalam proses ekstraksi dan pemurnian ada pembuatan antibiotik/pinisilin dalam industri farmasi.

Proses reaksi yang digunakan dalam pembuatan amil asetat disebut proses reaksi esterifikasi. Proses esterifikasi yang digunakan untuk pembuatan amil asetat memiliki beberapa macam tergantung dari bahan bakunya. Bahan baku yang dapat digunakan dalam pembuatan ester amil asetat adalah asam anhidrid, asam amino, garam dan alkil halida, asam nitrat, karbon monoksida, dan asam organik. Pada prakteknya dalam industri, pembuatan amil asetat umumnya akan menggunakan bahan baku asam organik. Hal ini disebabkan karena penggunaan bahan baku dalam prosesnya merupakan bahan baku yang tidak beracun dan hasil samping yang berupa air.

Proses esterifikasi amil asetat dengan menggunakan asam organik yaitu asam asetat dan amil alkohol umumnya dapat menggunakan sistem *reactive distillation* (distilasi reaktif). Penggunaan sistem distilasi reaktif akan membantu mengurangi *capital cost* dan biaya energi pada beberapa sistem terutama sistem dengan reaksi reversibel dan reaksi yang memiliki azeotrop yang akan membuat proses pemisahan konvensional menjadi mahal. Prinsip utama dari sistem distilasi reaktif adalah sistem ini akan menghilangkan produk secara terus menerus dari campuran reaksi menggunakan distilasi untuk mengurangi efek dari reaksi balik (Luyben, Chang., 1995).

Proses reaksi esterifikasi amil asetat merupakan suatu reaksi reversibel. Penggunaan sistem distilasi reaktif, akan membantu proses reaksi untuk memperoleh hasil produk maksimal dengan meningkatkan laju reaksi maju karena adanya proses pengambilan produk yang secara kontinu dengan kolom distilasi. Selain alasan untuk



meningkatkan laju reaksi maju dalam reaksi esterifikasi amil asetat, penggunaan sistem distilasi reaktif ini juga diperlukan untuk melangsungkan proses pembuatan amil asetat terkait permasalahan yang umum ada pada reaksi esterifikasi yaitu tentang *azeotrop*. Adanya azeotrop yang terbentuk dalam proses reaksi amil asetat yaitu azeotrop dalam campuran 1-pentanol-amil acetate-air akan memunculkan masalah dalam proses pemisahan apabila menggunakan sistem reaktor dengan *recycle* konvensional. Penggunaan sistem distilasi reaktif akan membantu proses pemisahan menjadi lebih mudah.

Suatu proses kimia memerlukan suatu proses simulasi dari proses tersebut untuk mengetahui karakteristik yang umum dimiliki oleh suatu proses tersebut. Proses simulasi ini dilakukan dengan mengubah-ubah suatu variabel yang disebut *manipulated variable* untuk melihat efeknya terhadap variabel lain yang disebut variabel kontrol. Proses simulasi ini dapat dilakukan menggunakan bantuan program komputer, yaitu Aspen Plus.

## 1.2 Tema Sentral Masalah

**Distilasi reaktif merupakan suatu proses yang memiliki beberapa keunggulan dalam proses pelaksanaannya. Proses ini mampu menghemat biaya kapital dan energi. Akan tetapi, proses ini juga merupakan suatu proses yang kompleks. Proses simulasi akan dilangsungkan untuk menentukan dan meneliti karakteristik dalam proses distilasi reaktif ini, dengan memanipulasi variabel dan melihat efeknya terhadap variabel yang dikontrol.**

## 1.3 Perumusan Masalah

- 1) Bagaimana melakukan proses modelling distilasi reaktif pada reaksi esterifikasi amil asetat ke program Aspen Plus?
- 2) Bagaimana cara untuk melakukan proses simulasi kolom distilasi reaktif dengan melihat pengaruh perubahan *reboiler duty* terhadap kemurnian produk atas dan bawah kolom distilasi reaktif, serta konversi reaktan reaksi pembuatan amil asetat?
- 3) Bagaimana cara untuk melakukan proses simulasi kolom distilasi reaktif dengan melihat pengaruh perubahan *reflux ratio* terhadap kemurnian produk atas dan bawah kolom distilasi reaktif, serta konversi reaktan reaksi pembuatan amil asetat?

- 4) Bagaimana cara untuk melakukan proses simulasi kolom distilasi reaktif dengan melihat pengaruh perubahan jumlah tray di zona *rectifying*, *reactive*, dan zona *stripping* terhadap kemurnian produk atas dan bawah kolom distilasi reaktif, serta konversi reaktan reaksi pembuatan amil asetat?
- 5) Bagaimana cara untuk melakukan proses simulasi kolom distilasi reaktif dengan melihat pengaruh perubahan letak umpan masuk terhadap kemurnian produk atas dan bawah kolom distilasi reaktif, serta konversi reaktan reaksi pembuatan amil asetat?

#### 1.4 Premis

- 1) Proses produksi amil asetat akan menggunakan proses reaksi esterifikasi antara asam asetat dan pentanol (Chiang et al., 2002).
- 2) Reaksi esterifikasi amil asetat merupakan reaksi dengan orde dua dan bersifat endotermik (Chiang et al., 2002)
- 3) Proses produksi amil asetat akan menggunakan katalis heterogen amberlys 15 (Chiang et al., 2002)
- 4) Proses produksi amil asetat ini akan menggunakan sistem *reactive distillation* (Chiang et al., 2002).
- 5) Produk yang dihasilkan yaitu amil asetat dan air akan memiliki kemurnian 99% menggunakan distilasi reaktif.
- 6) Kondisi simulasi awal yang akan digunakan merupakan kondisi optimum proses kolom distilasi reaktif pembuatan amil asetat dengan jumlah tray di *rectifying*, zona reaktif, dan *stripping* sebanyak 2 tahap, 22 tahap, dan 12 tahap ditambah dengan kondensor dan *reboiler* (Luyben,2008)

#### 1.5 Tujuan Penelitian

- 1) Mampu memodelkan model sistem distilasi reaktif untuk esterifikasi amil asetat ke dalam program *Aspen Plus*.
- 2) Mampu melakukan proses simulasi dengan melihat efek perubahan *reboiler duty*, *reflux ratio*, jumlah tray di zona *rectifying*, reaktif, dan *stripping* serta letak umpan masuk terhadap kemurnian produk atas dan bawah, dan konversi reaktan.

## **1.6 Manfaat Penelitian**

### **1.6.1 Bagi Industri**

1. Memberikan informasi lebih mendalam tentang proses esterifikasi amil asetat dengan sistem distilasi reaktif.
2. Menggunakan distilasi reaktif untuk proses esterifikasi amil asetat.

### **1.6.2 Bagi ilmu pengetahuan**

1. Memperluas ketenaran distilasi reaktif untuk esterifikasi di dunia pengembangan dan penelitian proses.
2. Mengembangkan teknologi proses distilasi reaktif untuk esterifikasi amil asetat.
3. Menginformasikan dunia penelitian, bahwa proses distilasi reaktif dan proses simulasinya dalam esterifikasi amil asetat merupakan topik penelitian yang menarik.