

SIMULASI PRODUKSI BIO-2-ETHOXY ETHANOL MENGUNAKAN DISTILASI REAKTIF

Laporan Penelitian

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

oleh :

Tushita Fariyani Sunarya

(2017620032)

Pembimbing :

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



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : SIMULASI PRODUKSI BIO-2-ETHOXY ETHANOL
MENGUNAKAN DISTILASI REAKTIF**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 30 Agustus 2021

Pembimbing



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



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2021**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tushita Fariyani Sunarya

NPM : 2017620032

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

SIMULASI PRODUKSI BIO-2-ETHOXY ETHANOL MENGGUNAKAN DISTILASI REAKTIF

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 dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 26 Agustus 2021



Tushita Fariyani Sunarya

(2017620032)

INTISARI

Industri kimia memiliki tujuan utama untuk mengolah bahan baku menjadi produk akhir dengan kemurnian yang tinggi sehingga memiliki nilai jual yang tinggi. Salah satu proses untuk mendapatkan kemurnian suatu produk adalah dengan pemisahan. Pemisahan yang paling umum dalam industri kimia adalah distilasi. Perkembangan dari distilasi konvensional yang ada adalah dengan menggabungkan distilasi dan reaktor menjadi satu alat yang disebut distilasi reaktif. Distilasi reaktif dapat digunakan untuk meningkatkan konversi kesetimbangan, kemurnian produk yang lebih tinggi, dan selektivitas yang lebih tinggi. Penelitian ini memanfaatkan keuntungan dari distilasi reaktif untuk simulasi produksi *bio 2-ethoxy ethanol*.

Tujuan dari penelitian ini adalah mampu mensimulasikan *bio-2-ethoxy ethanol* menggunakan Aspen Plus dan mampu mengetahui pengaruh variabel proses dan design terhadap kemurnian *bio-2-ethoxy ethanol*, konversi etilen oksida, dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol*. Variabel-variabel yang akan diamati adalah pengaruh letak umpan, *reflux ratio*, dan laju alir umpan. Proposal ini diharapkan dapat memberikan alternatif untuk produksi *bio 2-ethoxy ethanol* menggunakan distilasi reaktif dalam bidang industri kimia serta memberikan informasi mengenai proses simulasi *bio 2-ethoxy ethanol* menggunakan distilasi reaktif.

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur untuk mendapatkan informasi terbaru mengenai mengenai simulasi *bio-2-ethoxy ethanol* dari etilen oksida dan bioetanol. Data literatur yang didapatkan akan digunakan sebagai acuan untuk validasi terhadap proses yang telah dirancang. Pemodelan proses dilakukan berdasarkan data dari studi literatur. Validasi model dilakukan untuk mendapat kesesuaian antara literatur dengan penelitian yang akan dilakukan. Validasi dilakukan dengan mencocokkan data antara data hasil simulasi dengan data literatur. Hasil validasi menunjukkan hasil yang lebih baik dari data literatur dengan kemurnian 99%, selektivitas 99,7%, dan konversi etilen oksida hampir 100%. Model yang telah divalidasi akan disimulasikan dalam software *Aspen Plus*. Simulasi ini bertujuan untuk mencari pengaruh laju alir umpan, *reflux ratio*, letak umpan dalam kolom, dan jumlah tahap reaktif terhadap kemurnian produk pada distilat dan *bottom*, konversi etilen oksida, dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol*. Menurunnya letak umpan etilen oksida menyebabkan peningkatan pada kemurnian *2-ethoxy ethanol* dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol*. Naiknya letak umpan etanol tidak berpengaruh terhadap kemurnian, selektivitas, dan konversi. Meningkatnya laju alir etilen oksida dapat meningkatkan kemurnian *2-ethoxy ethanol* namun menurunkan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol*. Meningkatnya laju alir etanol dapat meningkatkan kemurnian *2-ethoxy ethanol* dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol*. *Reflux ratio* yang semakin besar menghasilkan kemurnian *2-ethoxy ethanol* dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol* yang semakin tinggi. Selain itu, semakin besar laju alir etanol menghasilkan *reboiler duty* yang semakin besar.

Kata kunci : *Reactive Distillation*, kemurnian, selektivitas, konversi, *Aspen Plus*

ABSTRACT

Chemical industry processes raw materials into products with high purity so that they have a high selling value. Separation is one of the processes to obtain the purity of a product. The most common separation in chemical industry is distillation. The development of existing conventional distillation resulted in a combination of distillation and reactor into a single column called reactive distillation. Reactive distillation can be used to improve equilibrium conversion, higher product purity, and higher selectivity. This research apply the advantage of reactive distillation to simulate the production of bio 2-ethoxy ethanol.

The purpose of this research is to be able to simulate bio-2-ethoxy ethanol and to determine the effect of process and design variables on the purity of bio-2-ethoxy ethanol, conversion of ethylene oxide, and selectivity of bio-2-ethoxy ethanol. Process and design variables that will be observed are feed location, reflux ratio, and feed flow rate. This paper is expected to provide an alternative for production of bio 2-ethoxy ethanol using reactive distillation in industry and explain the process of simulating bio 2-ethoxy ethanol using reactive distillation.

Literature study was conducted to obtain the latest information regarding the simulation of bio-2-ethoxy ethanol from ethylene oxide and bioethanol. The data obtained will be used as a reference for validation of the designed process. Process modelling is carried out based on data from literature study. Model validation is carried out to get the fit between the literature data and research data. Validation is done by comparing between the simulation results with literature data. The validated model will be simulated in the Aspen Plus software. The validation results shows better than the literature data with 99% purity, 99,7% selectivity, and 99% conversion of ethylene oxide. The simulation aims to observe the effect of feed flow rate, reflux ratio, and feed location in the column on purity of bio-2-ethoxy ethanol, conversion of ethylene oxide, and selectivity of bio-2-ethoxy ethanol. The decrease in the location of the ethylene oxide feed led to an increase in the purity of 2-ethoxy ethanol and selectivity to 2-ethoxy ethanol. The increase in the location of the ethanol feed did not affect the purity, selectivity, and conversion. Increasing the flow of ethylene oxide can increase the purity of 2-ethoxy ethanol but decrease the selectivity to 2-ethoxy ethanol. Increasing the flow rate of ethanol can increase the purity of 2-ethoxy ethanol and selectivity to 2-ethoxy ethanol. Increasing the reflux ratio results in higher purity of 2-ethoxy ethanol and higher selectivity to 2-ethoxy ethanol. In addition, the higher the ethanol flow rate, the higher the required reboiler duty.

Keywords : *Reactive Distillation, purity, selectivity, conversion, Aspen Plus*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Simulasi Produksi *Bio-2-Ethoxy Ethanol* Menggunakan Distilasi Reaktif” ini dengan baik. Laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan tugas akhir untuk mencapai gelar sarjana pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung terutama kepada :

1. I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, dan saran dalam penyusunan laporan penelitian ini.
2. Kedua orang tua serta keluarga atas doa, dukungan, dan semangat kepada penulis baik secara moral maupun material.
3. Teman dan sahabat penulis yang telah memberikan dukungan dan masukannya kepada penulis selama penyusunan laporan penelitian.
4. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan penelitian ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari segala pihak.

Akhir kata, penulis berharap agar laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Bandung, 18 Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
INTISARI.....	x
ABSTRACT	xi
BAB I.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tema Sentral Masalah.....	2
1.3. Identifikasi Masalah.....	2
1.4. Premis	2
1.5. Hipotesis	3
1.6. Tujuan Penelitian	3
1.7. Manfaat Penelitian	4
BAB II	5
2.1 Distilasi	5
2.2 Distilasi Reaktif	6
2.3 Kinetika Reaksi.....	10
2.4 Zat-zat yang Digunakan.....	12
2.4.1 2-ethoxy ethanol.....	12
2.4.2 Bioetanol	13
2.4.3 Etilen Oksida	14
2.5 Katalis	14
2.6 Persamaan Termodinamika.....	14
2.7 Model Simulasi Aspen.....	17
2.8 Konversi dan Selektivitas	18
BAB III.....	19
3.1 Studi Literatur	19
3.2 Pemodelan Proses	19

3.3	Validasi Model.....	20
3.4	Simulasi Proses	21
3.5	Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian	21
BAB IV.....		22
4.1	Hasil Pemodelan Proses dan Validasi Model	22
4.2	Simulasi Proses	24
4.2.1	Pengaruh Letak Umpan Etilen Oksida	24
4.2.2	Pengaruh Letak Umpan Etanol	25
4.2.3	Pengaruh Laju Alir Etilen Oksida	26
4.2.4	Pengaruh Laju Alir Etanol.....	27
4.2.5	Pengaruh Reflux Ratio	28
4.2.6	Pengaruh Laju Alir Etanol terhadap <i>Reboiler Duty</i>	29
BAB V		31
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran	31
DAFTAR PUSTAKA.....		32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik 2-ethoxy ethanol (Perry, 1997)	12
Tabel 2.2 Sifat Fisik Etanol (Perry,1997).....	13
Tabel 2.3 Sifat Fisik Etilen Oksida (Perry,1997)	14
Tabel 2.4 Physical Properties untuk Aplikasi Kimia (AspenTech, 2000).....	15
Tabel 3.1 Parameter Operasi Kolom Distilasi Reaktif (Zheng dkk., 2002)	20
Tabel 3.2 Jadwal Kerja Penelitian	21
Tabel 4.1 Kondisi Operasi Distilasi Reaktif	23
Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Validasi dengan Data Literatur	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Kolom Distilasi (Kiss,2013)	6
Gambar 2.2 Skema Aliran dalam Satu Tahap (Shah dkk., 2011).....	8
Gambar 2.3 Skema Kolom Distilasi Reaktif (Shah dkk., 2011).....	9
Gambar 2.4 Reaksi Pembentukan 2-ethoxy ethanol (Kirk dan Othmer,1998).....	11
Gambar 2.5 Reaksi Samping Pembentukan 2-ethoxy ethanol (Zheng dkk.,2002).....	11
Gambar 2.6 Struktur Kimia 2-ethoxyethanol (Wexler, 2005).....	12
Gambar 2.7 Pemilihan Physical Properties Berdasarkan Sifat Komponen (AspenTech, 2000).....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahap Simulasi.....	19
Gambar 3.2 Konfigurasi Kolom Distilasi Reaktif untuk Sintesis bio-2-ethoxy ethanol	20
Gambar 4.1 Pemodelan Proses Distilasi Reaktif.....	22
Gambar 4. 2 Pengaruh Letak Umpan Etilen Oksida Terhadap Kemurnian, Selektivitas, Dan Konversi.....	24
Gambar 4. 3 Pengaruh Letak Umpan Etanol Terhadap Kemurnian, Selektivitas, Dan Konversi.....	25
Gambar 4. 4 Pengaruh Laju Alir Etilen Oksida Terhadap Kemurnian, Selektivitas, dan Konversi.....	26
Gambar 4.5 Pengaruh Laju Alir Etanol Terhadap Kemurnian, Selektivitas, dan Konversi	27
Gambar 4.6 Pengaruh Reflux Ratio Terhadap Kemurnian, Selektivitas, dan Konversi	28
Gambar 4.7 Pengaruh Laju Alir Etanol Terhadap Reboiler Duty	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Proses dalam industri sering kali membutuhkan pelarut untuk menghasilkan produk akhir. Salah satu senyawa eter yang dapat digunakan sebagai pelarut adalah *2-ethoxy ethanol*. Bahan ini dapat digunakan dalam industri cat, sebagai pelarut percetakan tinta dan pewarna, dan sebagai pembersih alat rumah tangga (Stanard, 2005). Pemanfaatan *2-ethoxy ethanol* yang luas membutuhkan proses yang efisien untuk menghasilkan produk dengan kemurnian tinggi.

Bio 2-ethoxy ethanol dihasilkan dari reaksi antara etilen oksida dengan bioetanol. Bioetanol diperoleh dari proses fermentasi buah dengan dua tahap yaitu tahap aerob dan anaerob. Persentase bioetanol yang diperoleh cukup kecil sehingga membutuhkan proses dimana semua bioetanol dapat bereaksi dengan etilen oksida.

Industri kimia memiliki tujuan utama untuk mengolah bahan baku menjadi produk akhir dengan kemurnian yang tinggi sehingga memiliki nilai jual yang tinggi. Pengolahan bahan baku menjadi produk tentunya melewati proses menggunakan reaksi kimia. Dalam reaksi kimia akan terdapat senyawa lain dari reaksi samping yang dapat memengaruhi kemurnian produk. Senyawa lain yang tidak dipisahkan akan menurunkan kemurnian produk sehingga menurunkan nilai jualnya. Salah satu proses untuk mendapatkan kemurnian suatu produk adalah dengan pemisahan.

Pemisahan yang paling umum dalam industri kimia adalah distilasi. Distilasi dapat digunakan untuk memisahkan dua atau lebih senyawa yang tercampur dalam larutan berfasa cair. Prinsip distilasi adalah memisahkan senyawa berdasarkan titik didihnya. Pemisahan dengan distilasi konvensional kurang menguntungkan karena tidak dapat menghasilkan konversi yang tinggi serta selektivitas yang rendah. Maka dari itu, modifikasi dari pemisahan distilasi perlu dikembangkan untuk menghasilkan kemurnian yang lebih baik.

Kemajuan teknologi yang ada saat ini telah membantu dalam perkembangan dunia industri. Perkembangan dari distilasi konvensional yang ada adalah dengan menggabungkan

distilasi dan reaktor menjadi satu alat yang disebut distilasi reaktif. Distilasi reaktif dapat digunakan untuk menghasilkan konversi yang lebih besar dengan konstanta kesetimbangan reaksi yang kecil, kemurnian produk yang lebih tinggi, dan selektivitas yang lebih tinggi. Produksi *bio-2-ethoxyethanol* memerlukan konversi dan selektivitas yang tinggi untuk menghasilkan kemurnian yang baik. Simulasi produksi ini memanfaatkan keuntungan dari distilasi reaktif untuk simulasi produksi *bio 2-ethoxy ethanol*. Penelitian ini diharapkan dapat membantu memilih variabel yang dapat meningkatkan kemurnian, konversi, dan selektivitas *bio 2-ethoxy ethanol* serta memberikan gambaran sebelum diaplikasikan di dalam industri.

1.2. Tema Sentral Masalah

Tema sentral masalah pada penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variabel-variabel proses dan design terhadap kemurnian *bio-2-ethoxy ethanol*, konversi etilen oksida, dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol*. Simulasi dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variabel proses dari model yang telah dibuat oleh Zheng (2002) menggunakan katalis NKC-01. Variabel-variabel yang akan diamati adalah pengaruh letak umpan, *reflux ratio*, dan laju alir umpan.

1.3. Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh letak umpan pada distilasi reaktif terhadap kemurnian *bio-2-ethoxy ethanol*, konversi etilen oksida, dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol*?
2. Bagaimana pengaruh laju alir umpan pada distilasi reaktif terhadap kemurnian *bio-2-ethoxy ethanol*, konversi etilen oksida, dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol*?
3. Bagaimana pengaruh *reflux ratio* pada distilasi reaktif terhadap kemurnian *bio-2-ethoxy ethanol*, konversi etilen oksida, dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol*?
4. Bagaimana pengaruh laju alir umpan pada distilasi reaktif terhadap *reboiler duty* yang dibutuhkan pada kemurnian *bio-2-ethoxy ethanol*, konversi etilen oksida, dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol* yang tetap?

1.4. Premis

1. Reaksi pembentukan *2-ethoxy ethanol* merupakan reaksi ireversibel dan eksotermis (Kirk dan Othmer,1998).

2. Kinetika reaksi pembentukan *2-ethoxy ethanol* dengan katalis dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut (Zheng dkk.,2002).

$$R_{EC} = k C_{EO}$$

$$k = 7,60 \cdot 10^9 \exp\left(\frac{-77650}{R_g T}\right)$$

r_{EC} = laju reaksi *2-ethoxy ethanol*

k = konstanta laju reaksi (min^{-1})

C_{EO} = konsentrasi etilen oksida

T = temperatur

R_g = tetapan gas ideal ($8,314 \text{ kJ kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

3. Katalis yang digunakan adalah katalis molecule sieve NKC-01 (Zheng dkk.,2002).
4. Model termodinamika yang digunakan adalah persamaan UNIQUAC (Zheng dkk., 2004) (Zheng dkk.,2002).

1.5. Hipotesis

1. Kemurnian *bio-2-ethoxy ethanol* di *bottom*, konversi etilen oksida, dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol* menurun dengan naiknya lokasi umpan etilen oksida.
2. Kemurnian *bio-2-ethoxy ethanol* di *bottom*, konversi etilen oksida, dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol* meningkat dengan meningkatnya laju alir umpan.
3. Terdapat nilai *reflux ratio* optimum yang menghasilkan kemurnian *bio-2-ethoxy ethanol* di *bottom*, konversi etilen oksida, dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol* tertinggi.
4. *Reboiler duty* yang dibutuhkan meningkat dengan meningkatnya laju alir umpan.

1.6. Tujuan Penelitian

1. Mampu mensimulasikan *bio-2-ethoxy ethanol* menggunakan Aspen Plus.
2. Mampu mengetahui pengaruh variabel terhadap kemurnian *bio-2-ethoxy ethanol*, konversi etilen oksida, dan selektivitas terhadap *2-ethoxy ethanol*.

1.7. Manfaat Penelitian

1.7.1. Bagi Pemerintah

Memberikan alternatif untuk produksi *bio-2-ethoxy ethanol* menggunakan distilasi reaktif.

1.7.2. Bagi Ilmu Pengetahuan

Memberikan informasi mengenai proses pembuatan *bio-2-ethoxy ethanol* menggunakan distilasi reaktif.