

**SIMULASI KONDISI OPERASI RDWC UNTUK
KO-PRODUKSI ETIL ASETAT DAN BUTIL
ASETAT**

LAPORAN PENELITIAN

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar

Sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

Oleh:

Nicolas Goenawan

(2016620115)

Pembimbing:

Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno, M.Eng.



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

2023



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

LEMBAR PENGESAHAN

Nama 1 : Nicolas Goenawan

NPM 1 : 2016620115

Nama 2 : -

NPM 2 : -

JUDUL : SIMULASI KONDISI OPERASI RDWC UNTUK KO-PRODUKSI
ETIL ASETAT DAN BUTIL ASETAT

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 21 Agustus 2023

Pembimbing 1

Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno, M.Eng



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

LEMBAR REVISI

Nama : Nicolas Goenawan

NPM : 2016620115

JUDUL : SIMULASI KONDISI OPERASI RDWC UNTUK KO-PRODUKSI
ETIL ASETAT DAN BUTIL ASETAT

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 21 Agustus 2023

Penguji 1

Dr. Ir. Jenny N. M. Soetedjo, S. T., M.Sc.

Penguji 2

Ir. Tony Handoko, S.T., M.T., IPM



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nicolas Goenawan

NPM : 2016620115

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian ini dengan judul :

**SIMULASI KONDISI OPERASI RDWC UNTUK KO-PRODUKSI ETIL ASETAT
DAN BUTIL 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 dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 21 Agustus 2023



Nicolas Goenawan

(2016620115)

INTISARI

Etil asetat dan butil asetat merupakan zat yang umum digunakan dalam industri sebagai pelarut. Proses produksi konvensional dapat digantikan dengan menggunakan alat *reactive dividing-wall column* (RDWC). RDWC merupakan unit yang menggabungkan proses pemisahan multi-komponen dengan reaktor ke dalam satu alat.

Proses yang digunakan dalam penelitian ini adalah ko-produksi dari etil asetat dan butil asetat. Ko-produksi dari etil asetat dan butil asetat melibatkan reaksi esterifikasi antara asam asetat dan etanol dengan asam asetat dengan butil alkohol. Etil asetat akan keluar sebagai produk atas dan butil asetat akan keluar sebagai produk samping.

Simulasi proses dapat dilakukan setelah kolom dimodelkan terlebih dahulu. Kolom yang telah divalidasikan akan disimulasikan. Kolom yang dimodelkan akan memiliki 5 tahap *rectifying*, 21 tahap *prefractionator*, 13 tahap *reaction*, dan 4 tahap *stripping*. Kolom ini memiliki *reboiler duty* sebesar 405 Watt dan *reflux ratio* sebesar 3. Kolom akan dioperasikan dengan tekanan 1 atm. Simulasi dilakukan menggunakan Aspen Plus dengan model Radfrac. Simulasi yang dilakukan memperlihatkan bahwa semakin tinggi *reflux ratio* akan membuat nilai fraksi massa etil asetat semakin tinggi pada *top product*. Laju keluaran *side stream* tidak terlalu berpengaruh terhadap fraksi massa butil asetat pada *side product*. *Reboiler duty* yang semakin besar membuat fraksi massa asam asetat semakin besar pada *bottom product*. Ratio komposisi umpan mempengaruhi fraksi massa keluaran produk utama.

Kata kunci: RDWC, etil asetat, butil asetat, Aspen Plus, Radfrac.

Abstract

Ethyl acetate and butyl acetate are common component used for industrial process as solvent. The conventional process can be replaced by reactive dividing wall column or known as RDWC. RDWC is a unit that combine multi component separation process and reacting unit into single unit.

Process used in this research is co-production of ethyl acetate and butyl acetate. The co-production of ethyl acetate and butyl acetate involved esterification reaction between acetic acid with ethanol and acetic acid with butyl alcohol. Ethyl acetate will be top product and butyl acetate will be side product.

Process simulation can be done after the column has been modeled. Column that has been validated will be simulated. Column will have 5 rectifying stages, 21 prefractionator stages, 13 reaction stages, and 4 stripping stages. Column will have reboiler duty with value of 405 Watt and reflux ratio with value of 3. Column will be operated at 1 atm pressure. Simulation will used Aspen Plus with Radfrac model. The simulation shows that the higher reflux ratio, the higher mass fraction of ethyl acetate in the top product. The side stream output rate does not affect the mass fraction of butyl acetate in the side product. The greater the reboiler duty, the greater mass fraction of acetic acid in the bottom product. The feed composition ratio affect the mass fraction of the product output.

Key component: RDWC, ethyl acetate, butyl acetate, Aspen Plus, Radfrac.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proposal penelitian dengan judul “Simulasi Kondisi *Operasi RDWC* untuk Ko-Produksi Etil Asetat dan Butil Asetat” tepat pada waktunya. Penulisan laporan penelitian ini dilakukan guna memenuhi persyaratan mata kuliah CHE 184630-02 untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan. Dalam proses penulisan laporan penelitian ini penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih secara khusus kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno, M. Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan saran selama penyusunan laporan.
2. Orang tua serta keluarga atas doa dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
3. Teman-teman atas dukungan dan saran kepada penulis selama proses penyusunan laporan.
4. Semua pihak lain yang telah memberikan kontribusi dalam penyusunan laporan ini

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan yang terdapat dalam laporan penelitian ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penyusunan laporan penelitian selanjutnya menjadi lebih baik. Akhir kata, terima kasih atas perhatian pembaca dan penulis berharap agar laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 11 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR ISTILAH	x
INTISARI	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	1
1.3 Identifikasi Masalah.....	2
1.4 Premis	2
1.5 Hipotesis	3
1.6 Tujuan Penelitian	3
1.7 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Etil Asetat.....	4
2.2 Butil Asetat	4
2.3 Sintesis Etil Asetat	5
2.4 Sintesis Butil Asetat.....	7
2.5 Distilasi	8
2.6 Azeotrop.....	10
2.6.1 Azeotrop Campuran	10
2.6.2 Azeotrop Distilasi	10
2.6.3 Jenis Azeotrop.....	11
2.7 <i>Dividing Wall Column</i>	12

2.8 Proses Distilasi Reaktif untuk Etil Asetat dan Butil Asetat	15
2.8.1 Kinetika Reaksi	15
2.8.2 Keseimbangan Fasa	16
2.8.3 Proses <i>Steady State</i>	16
2.9 Simulasi Proses	18
2.9.1 Penentuan Metode Properti	18
2.9.2 Pemilihan Kolom pada Aspen Plus	19
2.10 Desain RDWC	21
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Studi Literatur	23
3.2 Studi Penggunaan Simulator Aspen Plus	23
3.3 Pembuatan Model Proses	23
3.4 Validasi Model	24
3.5 Simulasi Proses	26
3.6 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian	27
BAB IV PEMBAHASAN.....	28
4.1 Pembuatan Model.....	28
4.2 Validasi Model.....	29
4.2.1 Pemilihan RadFrac Awal.....	29
4.2.2 <i>Side Stream</i>	30
4.2.3 <i>Splitter B2 dan Splitter B3</i>	30
4.2.4 <i>Reboiler Duty</i>	31
4.3 Simulasi Proses.....	32
4.3.1 Pengaruh <i>Reflux Ratio</i> terhadap Kinerja Kolom.....	32
4.3.2 Pengaruh Laju Produk <i>Side Stream</i> terhadap Kinerja Kolom.....	33
4.3.3 Pengaruh <i>Reboiler Duty</i> terhadap Kinerja Kolom.....	34
4.3.4 Pengaruh <i>Feed Ratio</i> terhadap Kinerja Kolom.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transformasi Sistem Etil Asetat Reaktif Fraksi Mol Cair	6
Gambar 2.2 Diagram Garis Distilasi Reaktif Untuk Sistem Etil Asetat	6
Gambar 2.3 Diagram Segitiga Air-BuOAc-BuOH	8
Gambar 2.4 Skema Distilasi	9
Gambar 2.5 Diagram Komposisi Azeotrop	10
Gambar 2.6 Integrasi dari Distilasi Kolom Konvensional hingga RDWC	13
Gambar 2.7 Skematik <i>Dividing Wall Column</i>	13
Gambar 2.8 Desain <i>Flow Diagram</i> dari ko-produksi Etil Asetat dan Butil Asetat	17
Gambar 2.9 Simulasi Proses dari RDWC dengan Empat Model RADFRAC	18
Gambar 2.10 Diagram Metode Properti Tahap Pertama	19
Gambar 2.11 Diagram Metode Properti Tahap Kedua	19
Gambar 3.1 Profil <i>temperature</i> terhadap Jumlah Tahap	25
Gambar 3.2 Profil Fraksi Massa terhadap Jumlah Tahap	25
Gambar 3.3 Algoritma Simulasi Proses RDWC	26
Gambar 4.1 Skema Model RDWC.....	29
Gambar 4.2 Pilihan RadFrac pada Aspen Plus	30
Gambar 4.3 Performa Reboiler pada Kolom Stripping	31
Gambar 4.4 Temperatur di Sepanjang Kolom RDWC	32
Gambar 4.5 Temperatur di Sepanjang Kolom Prefractionator	32
Gambar 4.6 Pengaruh Reflux Ratio terhadap Fraksi Massa Etil Asetat pada Keluaran Top Product	33
Gambar 4.7 Pengaruh Laju Side Stream terhadap Fraksi Massa Butil Asetat pada Keluaran Side Stream	34
Gambar 4.8 Pengaruh Reboiler Duty terhadap Fraksi Massa Asam Asetat pada Keluaran Bottom Product	35
Gambar 4.9 Pengaruh Rasio Komposisi Umpan terhadap Fraksi Massa Etil Asetat dan Butil Asetat	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Kimia Etil Asetat	4
Tabel 2.2 Sifat Fisika Etil Asetat	4
Tabel 2.3 Sifat Kimia Butil Asetat	5
Tabel 2.4 Sifat Fisika Butil Asetat	5
Tabel 2.5 Titik Didih dari Komponen Murni, Azeotrop, dan Komposisi dari Azeotrop Sistem Etil Asetat	7
Tabel 2.6 Komposisi dan <i>temperature</i> dari Azeotrop yang terjadi di dalam Tekanan Atmosferik	8
Tabel 2.7 Parameter Kinetika untuk Campuran Alkohol	15
Tabel 2.8 Perbedaan RDWC dengan Distilasi Reaktif Azeotropik dan Distilasi Reaktif Biasa	22
Tabel 2.9 Desain Kolom RDWC	22
Tabel 3.1 Parameter Input Eksperimen dan Simulasi	24
Tabel 3.2 Jadwal Kerja Penelitian	27

DAFTAR ISTILAH

- K_a = konstanta kesetimbangan
 R_R = rasio refluks
 L_s = *liquid split*
 V_s = *vapor split*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang terus meningkatkan diri salah satunya melalui sektor industri. Indonesia perlu melakukan pertumbuhan di era industrialisasi karena memiliki modal yang baik dari segi sumber daya alam maupun pengetahuan. Pemenuhan bahan baku maupun kebutuhan industri lainnya perlu dikembangkan sehingga Indonesia bisa mengejar ketertinggalan dari negara lain. Bahan yang cukup umum digunakan dalam industri di Indonesia masih banyak yang didapatkan melalui impor dari luar negeri.

Butil asetat dan etil asetat merupakan bahan kimia yang kegunaannya sangat umum di dalam industri sebagai pelarut. Butil asetat umum digunakan sebagai pelarut dalam industri tekstil, plastik, dan pembuatan oli. Etil asetat umum digunakan sebagai pelarut dalam industri cat, pelapis, pernis, dan enamel. Pembuatan dari butil asetat dan etil asetat secara umum dapat dilakukan dengan metode esterifikasi. Namun, esterifikasi yang digunakan masih menggunakan metode konvensional. Penelitian ini memfokuskan pada simulasi kondisi operasi untuk *reactive dividing-wall column* pada produksi etil asetat dan butil asetat.

Seiring berkembangnya zaman, teknologi yang digunakan untuk memproduksi butil asetat dan etil asetat terus berkembang. *Reactive dividing-wall column* (RDWC) merupakan salah satu jawaban untuk memproduksi etil asetat dan butil asetat. Penggunaan bahan baku melalui kolom RDWC dapat didaur ulang kembali sehingga RDWC memiliki efek penghematan energi yang baik dibanding dengan proses esterifikasi biasa (Li H., et al., 2018). Energi yang dihemat ini tentunya tidak mengurangi hasil yang didapatkan yakni 74,3%wt untuk etil asetat dan 57,7%wt untuk butil asetat (Li H., et al., 2018).

1.2 Tema Sentral Masalah

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh variabel proses operasi agar didapat produk dengan kemurnian yang baik. Variabel yang ada saling berkaitan sehingga perlu dipelajari lebih lanjut. Variabel seperti *reflux ratio*, komposisi umpan, hingga *reboiler duty* dapat mempengaruhi produk yang dihasilkan dari simulasi ini.

Hal ini yang menyebabkan adanya penelitian ini sehingga diketahui pengaruh dari variabel ini.

1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan tema sentral masalah yang disebutkan, adapun masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah Radfrac dapat digunakan dalam memodelkan *reactive dividing-wall column* untuk memproduksi butil asetat dan etil asetat?
2. Apakah data yang ada dapat membuat simulasi sesuai dengan literatur yang ada?
3. Bagaimana pengaruh dari refluks ratio terhadap produk dari *reactive dividing-wall column*?
4. Bagaimana pengaruh dari laju keluaran *side stream* terhadap produk dari *reactive dividing-wall column*?
5. Bagaimana pengaruh dari *reboiler duty* terhadap produk dari *reactive dividing-wall column*?
6. Bagaimana pengaruh rasio komposisi umpan terhadap produk dari *reactive dividing-wall column*?

1.4 Premis

Berdasarkan studi pustaka, parameter yang didapatkan berkaitan dengan penelitian ini adalah:

1. RDWC memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan distilasi reaktif biasa maupun distilasi azeotrop reaktif. (Li H., et al., 2018)
2. RDWC yang dimodelkan menggunakan *reflux ratio* sebesar 3. (Xie, J., et al., 2018)
3. RDWC yang dimodelkan terdiri dari total 30 *stage* yang saling berhubungan. (Xie, J., et al., 2018)
4. Hasil perhitungan dengan mensimulasikan RDWC akan didapatkan hasil produk atas etil asetat dengan komposisi 74,3% wt. (Li H., et al., 2018)
5. Hasil perhitungan dengan mensimulasikan RDWC akan didapatkan hasil produk samping butil asetat dengan komposisi 57,7% wt. (Li H., et al., 2018)

6. Reaksi esterifikasi yang terjadi di dalam RDWC akan dibantu dengan menggunakan katalis yang merupakan Amberlyst15. (Li H., et al., 2018)
7. Model yang digunakan dalam simulasi RDWC menggunakan model RadFrac (Li H., et al., 2018)

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang dapat diambil berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Penggunaan *reactive dividing-wall column* pada proses produksi butil asetat dan etil asetat dapat dimodelkan dengan menggunakan Aspen Plus dengan model Radfrac yang ditentukan sesuai dengan literatur.
2. Data yang ada dapat dibuat menjadi kolom RDWC yang baik sehingga dapat disimulasikan.
3. *Reflux ratio* yang semakin tinggi akan membuat fraksi massa etil asetat semakin besar.
4. Laju keluaran *side stream* yang semakin tinggi akan membuat fraksi massa butil asetat semakin besar.
5. *Reboiler duty* yang semakin tinggi akan membuat fraksi massa asam asetat semakin besar.
6. Rasio komposisi umpan (butanol) yang semakin besar akan membuat fraksi massa produk butil asetat semakin besar.

1.6 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari pengoperasian dan pemodelan dari *reactive dividing-wall column* pada produksi etil asetat dan butil asetat;
2. Menentukan kondisi operasi optimal dari proses *reactive dividing-wall column*.

1.7 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi dunia Pendidikan Indonesia

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan yang berguna untuk berkembangnya Pendidikan di Indonesia, khususnya pada bidang rekayasa proses,

dan juga untuk penelitian lebih lanjut mengenai proses distilasi reaktif.

2. Bagi bangsa dan negara

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan keterangan tentang potensi produksi etil asetat dan butil asetat yang lebih efektif sehingga dapat menjadi solusi dalam produksi produk tersebut. Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut ke skala industri.