

SIMULASI *REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN* DENGAN *RECTIFIER* PADA HIDROLISIS METIL ASETAT MENGGUNAKAN ASPEN PLUS

Laporan Penelitian

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

Oleh:

**Michael Marcellinus Kosasi (2011620060)
Erik Ekaputra (2013620105)**



Pembimbing :

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



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

No. Kode	: TK KOS s/17
Tanggal	: 22 Januari 2018
No. Ind.	: 4279-FTI / skp 35024
Divisi	:
Hadiah / Ball	:
Dari	: FTI



LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL: SIMULASI *REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN* DENGAN
RECTIFIER PADA HIDROLISIS METIL ASETAT MENGGUNAKAN
ASPEN PLUS

Catatan

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 8 Agustus 2017

Pembimbing,

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



LEMBAR REVISI

JUDUL: SIMULASI *REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN* DENGAN
RECTIFIER PADA HIDROLISIS METIL ASETAT MENGGUNAKAN
ASPEN PLUS

Catatan

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 8 Agustus 2017
Penguji 1

Arenst Andreas Arie, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D.

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 8 Agustus 2017
Penguji 2

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

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN



SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Michael Marcelinus Kosasi

NRP : 6211060

Nama : Erik Ekaputra

NRP : 6213105

Dengan ini menyatakan bahwa proposal penelitian dengan judul:

SIMULASI *REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN* DENGAN *RECTIFIER* PADA HIDROLISIS METIL ASETAT MENGGUNAKAN ASPEN PLUS

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

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

Bandung, 8 Agustus 2017



Michael Marccelinus Kosasi

(6211060)



Erik Ekaputra

(6213105)



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian berjudul “**SIMULASI REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN DENGAN RECTIFIER PADA HIDROLISIS METIL ASETAT MENGGUNAKAN ASPEN PLUS**” ini tepat pada waktunya. Penulisan proposal penelitian ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah ICE-330-2 Proposal Penelitian Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penulisan proposal penelitian ini, penulis mendapat banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis secara khusus mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Budi Husodo Bisowarno, Ir., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dalam penyusunan proposal penelitian ini.
2. Orang tua serta keluarga penulis atas doa dan dukungannya baik secara moral maupun material.
3. Teman-teman Teknik Kimia atas dukungan dan masukannya kepada penulis saat penyusunan proposal penelitian.
4. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

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

Bandung, 8 Agustus 2017

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR REVISI	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI.....	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	2
1.4 Premis	2
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat penelitian	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Metanol	5
2.2 Metil Asetat.....	6
2.3 Asam Asetat	6
2.4 Hidrolisis.....	7
2.5 Kinetika Reaksi	9
2.5.1 NKC – 9	10
2.5.2 Amberlyst-48	11
2.5.3 Amberlyst-15	11
2.6 Distilasi	11
2.6.1 Distilasi Sederhana.....	12
2.6.2 Distilasi Fraksionisasi	12
2.6.3 Distilasi Uap	12

2.6.4 Distilasi Vakum	12
2.6.5 Distilasi Azeotrop	13
2.6.7 Distilasi Reaktif	13
2.6.8 Dividing Wall Column	15
2.6.9 <i>Reactive Dividing Wall Column</i>	17
2.7 Perancangan RDWC	18
2.7 Aspen Plus	22
2.7.1 Model Unit Operasi	24
2.7.2 Model Termodinamika	25
BAB III	28
METODE PENELITIAN	28
3.1 Studi Pustaka	28
3.2 Studi Simulator Aspen Plus	28
3.3 Pembuatan Model Proses	28
3.4 Validasi Model Proses	29
3.5 Simulasi	29
3.6 Lokasi dan Rencana Kerja Penelitian	31
BAB IV	32
PEMBAHASAN	32
4.1 Pembuatan Model	32
4.2 Validasi Model	34
4.2.1 Validasi Model 1	35
4.2.2 Validasi Model 2	38
4.2.3 Pemilihan Model Hasil Validasi	42
4.3 Simulasi	42
4.3.1 Kondisi-Kondisi Operasi	42
4.3.2 Variasi Laju Umpan	53
4.3.3 Variasi <i>Vapor Split Ratio</i>	58
4.4 Optimisasi	63
4.4.1 Optimisasi Kemurnian Asam Asetat	63
4.4.2 Optimisasi Kemurnian Asam Asetat dengan Aliran Recycle pada Kolom RDWC	65
4.5 Pemilihan Kondisi Operasi dan Vapor Ratio untuk Meminimalkan <i>Reboiler Duty</i>	66
BAB V KESIMPULAN	68

5.1	Kesimpulan.....	68
5.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA.....		70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Hidrolisis Senyawa Ester	8
Gambar 2.2 Perbedaan distilasi konvensional dengan reactive distillation.....	13
Gambar 2.3 Bagian-bagian kolom reactive distillation.....	14
Gambar 2.4 Rangkaian langsung (a), Rangkaian tidak langsung (b), dan konfigurasi Petlyuk (c) untuk memisahkan tiga komponen campuran ABC (A: titik didih rendah, B: titik didih sedang, dan C: titik didih tinggi).....	16
Gambar 2.5 Skema perubahan distilasi konvensional hingga menjadi RDWC	17
Gambar 2.6 Model RDWC menurut Sander	18
Gambar 2.7 Model RDWC menurut Li	19
Gambar 2.8 Model 3 RDWC menurut Anthony.....	19
Gambar 2.9 Model 4 RDWC menurut Anthony.....	20
Gambar 2.10 Model RDWC menurut Li.....	21
Gambar 2.11 Profil komposisi dalam kolom RDWC	22
Gambar 2.12 Profil temperatur dalam kolom RDWC	22
Gambar 2.13 Tampilan utama Aspen Plus.....	23
Gambar 2.14 Skema pemilihan property method	26
Gambar 2.15 Skema pemilihan property method (lanjutan)	27
Gambar 3.1 Algoritma metode penelitian	30
Gambar 4.1 Model 1 : Reactive Dividing Wall Column dengan Rectifier	32
Gambar 4.2 Model 2 : Reactive Dividing Wall Column dengan Rectifier	33
Gambar 4.3 Profil Komposisi pada Setiap Tahap Hasil Validasi.....	36
Gambar 4.4 Profil Komposisi pada Setiap Tahap pada Literatur.....	36
Gambar 4.5 Profil Temperatur hasil validasi	37
Gambar 4.6 Profil Temperatur pada Literatur.....	37
Gambar 4.7 Profil Temperatur pada Setiap Tahap Hasil Validasi.....	39
Gambar 4.8 Profil Temperatur pada Setiap Tahap pada Literatur.....	40
Gambar 4.9 Profil Temperatur hasil validasi	40
Gambar 4.10 Profil Temperatur pada Literatur	41
Gambar 4.11 Pengaruh Distilate rate kolom utama terhadap kemurnian metanol	43
Gambar 4.12 Pengaruh Distilate rate kolom utama terhadap kemurnian asam asetat	43
Gambar 4.13 Pengaruh Distilate rate kolom utama terhadap konversi metil asetat	44
Gambar 4.14 Pengaruh Distilate rate rectifier terhadap kemurnian metanol	45

Gambar 4.15 Pengaruh Distilate rate rectifier terhadap kemurnian asam asetat	46
Gambar 4.16 Pengaruh Distilate rate rectifier terhadap konversi metil asetat	46
Gambar 4.17 Pengaruh Reboiler Duty terhadap kemurnian metanol	47
Gambar 4.18 Pengaruh Reboiler Duty terhadap kemurnian asam asetat	48
Gambar 4.19 Pengaruh Reboiler Duty terhadap konversi metil asetat	48
Gambar 4.20 Pengaruh Distilate Rate pada Kolom utama dan Reboiler Duty terhadap Kemurnian Metanol.....	49
Gambar 4.21 Pengaruh Distilate Rate pada Kolom Utama dan Reboiler Duty terhadap Kemurnian Asam Asetat.....	50
Gambar 4.22 Pengaruh Distilate Rate Rectifier dan Reboiler Duty terhadap Kemurnian Metanol	51
Gambar 4.23 Pengaruh Distilate Rate Rectifier dan Reboiler Duty terhadap Kemurnian Asam Asetat.....	51
Gambar 4.24 Pengaruh Distilate Rate Rectifier dan Reboiler Duty terhadap Kemurnian Asam Asetat.....	52
Gambar 4.25 Pengaruh Distilate Rate Rectifier dan Reboiler Duty terhadap Kemurnian Asam Asetat.....	53
Gambar 4.26 Pengaruh Laju Umpan Metanol dan Metil Asetat terhadap Kemurnian Metanol	54
Gambar 4.27 Pengaruh Laju Umpan Metanol dan Metil Asetat terhadap Kemurnian Asam Asetat	54
Gambar 4.28 Pengaruh Laju Umpan Metanol dan Metil Asetat terhadap Konversi Metil Asetat .	55
Gambar 4.29 Pengaruh Laju Umpan Air terhadap Kemurnian Metanol	56
Gambar 4.30 Pengaruh Laju Umpan Air terhadap Kemurnian Asam Asetat.....	57
Gambar 4.31 Pengaruh Laju Umpan Air terhadap Konversi Metil Asetat	57
Gambar 4.32 Pengaruh Vapor Split Ratio terhadap Kemurnian Metanol.....	59
Gambar 4.33 Pengaruh Vapor Split Ratio terhadap Kemurnian Asam Asetat.....	59
Gambar 4.34 Pengaruh Vapor Split Ratio terhadap Konversi Metil Asetat.....	60
Gambar 4.35 Pengaruh Vapor Split Ratio pada kolom RDWC dengan aliran recycle terhadap Kemurnian Metanol.....	61
Gambar 4.36 Pengaruh Vapor Split Ratio pada kolom RDWC dengan aliran recycle terhadap Kemurnian Asam Asetat.....	62
Gambar 4.37 Pengaruh Vapor Split Ratio pada kolom RDWC dengan aliran recycle terhadap Konversi Metil Asetat	62
Gambar 4.38 Hasil Optimasi Kemurnian Asam Asetat	64
Gambar 4.39 Model 2 RDWC dengan rectifier menggunakan aliran recycle.....	66
Gambar 4.40 Hasil Optimasi Kemurnian Asam Asetat	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Fisik Metanol	5
Tabel 2.2 Data Fisik Metil Asetat.....	6
Tabel 2.3 Data Fisik Asam Asetat	7
Tabel 2.4 Spesifikasi NKC-9	10
Tabel 2.5 Spesifikasi Amberlyst-48	11
Tabel 2.6 Spesifikasi Amberlyst-15	11
Tabel 2.7 Konfigurasi dan kondisi operasi kolom RDWC	21
Tabel 2.8 Keterangan pada tampilan utama Aspen plus	24
Tabel 3.1 Jadwal kerja penelitian	31
Tabel 4.1 Hasil Validasi Model 1	38
Tabel 4.2 Hasil Validasi Model 2	41



INTISARI

Metil asetat merupakan produk sampingan dari produksi PVA, metil asetat sendiri merupakan pelarut yang kurang baik sehingga metil asetat di hidrolisis dengan air menjadi metanol dan asam asetat. Manfaat dari metanol dan asam asetat sangat beragam, salah satu cara menghasilkan metanol dan asam asetat dengan reaksi hidrolisis metil asetat. Distilasi adalah salah satu cara untuk memurnikan metanol dan asam asetat yang diperoleh. Pada saat ini sedang dikembangkan suatu teknologi yang dapat menghemat biaya operasi dan biaya investasi dibandingkan dengan distilasi, yaitu *reactive dividing wall column* (RDWC).

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari dan mengembangkan kolom RDWC untuk hidrolisis metil asetat yang menghasilkan produk berupa metanol dengan kemurnian tinggi dan asam asetat dengan kemurnian seoptimal mungkin. Pada penelitian dilakukan simulasi dengan software Aspen Plus dengan model termodinamika UNIQ-HOC. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah pemodelan proses, validasi model, dan simulasi model. Kolom RDWC yang digunakan adalah kolom RadFrac. Model yang telah dibuat kemudian divalidasi dengan membandingkan hasil model yang dibuat dengan hasil dari model pada literatur, tahap ini berlangsung sampai model yang dibuat memberikan selisih yang kecil terhadap model literatur. Model yang telah divalidasi kemudian disimulasikan untuk mendapatkan asam asetat dengan kemurnian tinggi dan kemurnian metanol sebesar 99.9% dengan memvariasikan laju alir umpan air, kondisi operasi, dan *vapor split ratio*.

Hasil dari simulasi didapatkan, semakin kecil nilai *distillate rate* kolom utama nilai kemurnian metanol dan asam asetat serta konversi yang dihasilkan akan semakin kecil. Ketika nilai *distillate rate* pada rectifier diperbesar kemurnian metanol akan meningkat kemudian menurun, kemurnian asam asetat yang didapatkan akan semakin meningkat. Ketika nilai reboiler duty diperbesar nilai kemurnian metanol dan asam asetat serta konversi metil asetat yang dihasilkan akan semakin meningkat. Nilai *vapor split ratio* yang optimal adalah 0.17 untuk kolom RDWC tanpa aliran recycle dan 0.34 untuk kolom RDWC dengan aliran recycle. Hasil dari optimasi yang dilakukan didapatkan kemurnian metanol 99.9% dan kemurnian asam asetat sebesar 17.76% serta konversi metil asetat sebesar 99.973% pada kolom RDWC tanpa aliran recycle. Pada kolom RDWC dengan recycle didapatkan kemurnian metanol sebesar 99.9% dan kemurnian asam asetat sebesar 30.43% serta konversi metil asetat sebesar 99.97%

Kata Kunci: simulasi, *reactive dividing wall column*, optimasi, aspen plus, hidrolisis



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metil asetat merupakan produk sampingan dari produksi PVA, karena itu umumnya metil asetat di hidrolisis untuk menghasilkan metanol dan asam asetat yang lebih bernilai. Kegunaan metanol dan asam asetat sangat beragam, metanol berguna untuk bahan baku dalam pembuatan cat, sebagai penghilang vernis, digunakan dalam pembuatan formaldehid, asam asetat, derivat metil, dan asam anorganik, sebagai penguat bahan bakar (fuel octane booster), dan sebagai bahan bakar pada kompor portable. ^[1] Asam Asetat berguna untuk pemberi rasa asam, dan aroma dalam makanan. ^[2]

Pada awalnya proses hidrolisis metil asetat untuk mendapat produk metanol dan asam asetat dilakukan dengan cara konvensional yaitu dengan menggunakan reaktor yang ditambahkan dengan beberapa kolom distilasi. Distilasi konvensional ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya produk keluaran dari reaktor membentuk azeotrop sehingga dalam pemisahannya membutuhkan banyak kolom distilasi yang menyebabkan kebutuhan energi meningkat. ^{[3][4]}

Reactive Distillation dikembangkan untuk mengatasi masalah konversi dan azeotrop pada distilasi konvensional, bila pada distilasi konvensional dibutuhkan beberapa kolom distilasi dan sebuah reaktor, pada *reactive distillation* hanya dibutuhkan kolom RD dan sebuah kolom distilasi tambahan. ^{[3][4][5]}

Reactive Dividing Wall Column (RDWC) dikembangkan untuk mengatasi masalah pada distilasi reaktif yang digabung dengan beberapa kolom distilasi. RDWC merupakan pengembangan dari *dividing wall column (DWC)* yang ditambah dengan kolom reaktif. RDWC dapat mengurangi biaya investasi, biaya operasional dan mengurangi kebutuhan energi. ^[3]

Perancangan *reactive dividing wall column* (RDWC) untuk hidrolisis metil asetat dengan tepat merupakan hal yang penting karena dapat menghasilkan metanol dengan kemurnian tinggi dan asam asetat dengan kemurnian tinggi. Kemurnian asam asetat yang dihasilkan pada literatur bernilai kecil yaitu 19.98% dan kemurnian metanol yang dihasilkan sebesar 99.9%.^[5] Pada penelitian ini akan dilakukan perubahan konfigurasi kolom untuk memaksimalkan kemurnian asam asetat yang didapatkan tanpa merubah kemurnian metanol yang didapatkan.

1.2 Tema Sentral Masalah

Simulasi *reactive dividing wall column* akan dilakukan dengan menggunakan katalis NKC-9. Konfigurasi kolom, kondisi operasi, dan kondisi umpan akan di variasikan untuk mendapatkan metanol dengan kemurnian 99,9% dan asam asetat dengan kemurnian tinggi.

1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana membuat model *reactive dividing wall column* untuk hidrolisis metil asetat?
2. Bagaimana memvalidasi model *reactive dividing wall column* untuk hidrolisis metil asetat?
3. Bagaimana pengaruh kondisi operasi terhadap kemurnian metanol dan asam asetat?
4. Bagaimana pengaruh laju alir umpan terhadap kemurnian metanol dan asam asetat?
5. Bagaimana pengaruh *vapor split ratio* terhadap kemurnian metanol dan asam asetat?

1.4 Premis

1. Hidrolisis metil asetat menghasilkan produk berupa asam asetat dan metanol.^[4]
2. Reaksi Hidrolisis metil asetat mempunyai 2 titik azeotrop yaitu pada campuran metil asetat-metanol dan metil asetat-air.^[2]
3. RDWC menghemat beban reboiler sebesar 20.1% dibandingkan dengan *reactive distillation* yang ditambah dengan kolom distilasi.^[4]
4. Kemurnian metanol yang dihasilkan pada model Sander sebesar 98.6%^[5], pada model 3 menurut Anthony sebesar 99.99%, pada model 4 menurut Anthony sebesar 99.98%^[6] sedangkan pada model Li sebesar 99.9%.^[4]

5. Katalis yang digunakan pada model Li adalah NKC-9 ^[4], katalis yang digunakan pada model Sander adalah Amberlyst 48 ^[5], dan katalis yang digunakan pada model Anthony adalah Amberlyst 15 ^[6]
6. Konversi metil asetat pada model Sander sebesar 49.5% ^[5], model 3 menurut Anthony sebesar 99.9% ^[6], model 4 menurut Anthony sebesar 99.9% ^[6], dan model menurut Li sebesar 99.96% ^[4]
7. Persamaan kinetika reaksi menggunakan katalis Amberlyst-15 adalah $r = m_{cat}(k_f \alpha_{CH_3COOCH_3} \alpha_{H_2O} - k_b \alpha_{CH_3COOH} \alpha_{H_2O})$ dengan penentuan konstanta nilai k menggunakan persamaan $k_f = 1.348 \times 10^6 \exp\left(\frac{-69230}{RT}\right)$ dan $k_b = 2.961 \times 10^4 \exp\left(\frac{-49190}{RT}\right)$. ^[6]
8. Persamaan kinetika reaksi menggunakan katalis NKC-9 adalah $r = k_f x_{MeAc} x_{H_2O} - k_r x_{MeOH} x_{HAc}$ dengan penentuan nilai k menggunakan persamaan $k_f = 1.543 \times 10^7 \exp\left(\frac{-5.974}{RT}\right)$ dan $k_r = 4.013 \times 10^5 \exp\left(\frac{-4.270}{RT}\right)$ ^[4]

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mampu membuat dan memvalidasi model *reactive dividing wall column* untuk hidrolisis metil asetat.
2. Mengetahui pengaruh laju alir umpan terhadap kemurnian metanol dan asam asetat.
3. Mengetahui pengaruh kondisi operasi terhadap kemurnian metanol dan asam asetat.
4. Mengetahui pengaruh perubahan vapor split ratio terhadap kemurnian metanol dan asam asetat.
5. Mampu membuat konfigurasi kolom yang dapat menghasilkan metanol dengan kemurnian 99.9% dan asam asetat dengan kemurnian lebih tinggi dibanding literatur.

1.6 Manfaat penelitian

1.6.1 Bagi industri

1. Mampu mengaplikasikan hidrolisis metil asetat menggunakan *reactive dividing wall column* secara komersial.
2. Memberikan informasi tentang hidrolisis metil asetat menggunakan *reactive dividing wall column*.

1.6.2 Bagi Peneliti

1. Mampu melakukan simulasi untuk hidrolisis asam asetat menggunakan *reactive dividing wall column*.
2. Mampu mengembangkan proses hidrolisis metil asetat menggunakan *reactive dividing wall column*.