

**SIMULASI DINAMIKA PROSES METIL ASETAT DENGAN
DISTILASI REAKTIF MENGGUNAKAN *ASPEN PLUS DYNAMICS*®**

Laporan Penelitian

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

oleh:

Indra

(2014620025)

Pembimbing:

Dr. Tedi Huda, 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 DINAMIK PROSES METIL ASETAT DENGAN
DISTILASI REAKTIF MENGGUNAKAN *ASPEN PLUS*
DYNAMICS®**

Catatan:

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 17 Januari 2018

Pembimbing I

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

Pembimbing II

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



**PROGAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Indra

NRP : 2014620025

dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul :

**SIMULASI DINAMIK PROSES METIL ASETAT DENGAN DISTILASI
REAKTIF MENGGUNAKAN *ASPEN PLUS DYNAMICS*[®]**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain 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, 17 Januari 2018


Indra

2014620025



LEMBAR REVISI

**JUDUL : SIMULASI DINAMIK PROSES METIL ASETAT DENGAN
DISTILASI REAKTIF MENGGUNAKAN *ASPEN PLUS*
DYNAMICS®**

Catatan:

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 17 Januari 2018

Penguji

Herry Santoso, S.T., M.TM., Ph.D

Penguji

Putri Ramadhany, S.T., M.Sc., PDEng

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul **“SIMULASI DINAMIK PROSES METIL ASETAT DENGAN DISTILASI REAKTIF MENGGUNAKAN ASPEN PLUS DYNAMICS®”**

ini tepat pada waktunya. Penulisan laporan penelitian ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah ICE-410 Penelitian Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

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

1. I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan kepada penulis.
2. Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan kepada penulis.
3. Kedua orang tua penulis dan kakak atas doa dan dukungannya baik secara moral maupun material.
4. Teman-teman mahasiswa teknik kimia UNPAR atas dukungan dan masukannya kepada penulis saat penyusunan laporan penelitian ini.
5. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

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

Bandung, 16 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL.....	xiii
INTISARI	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Premis	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.5.1 Bagi Industri	4
1.5.2 Bagi Ilmuan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Dinamika Proses.....	5
2.1.1 Bentuk-bentuk Umum Fungsi Alih.....	7
2.1.2 Metode Penentuan Parameter Fungsi Alih	8

2.2	Esterifikasi.....	10
2.2.1	Metil Asetat ($\text{CH}_3\text{COOCH}_3$).....	12
2.2.2	Asam Asetat (CH_3COOH).....	14
2.2.3	Metanol (CH_3OH).....	16
2.2.4	Katalis <i>Amberlyst 15</i>	16
2.3	Kinetika Reaksi Esterifikasi Asam Asetat (CH_3COOH) dan Metanol (CH_3OH)	18
2.4	Distilasi.....	19
2.4.1	<i>Reactive Distillation (RD)</i>	21
2.4.2	Konfigurasi <i>Reactive Distillation</i>	26
2.4.3	Lokasi Umpan Masuk.....	31
2.4.4	Jumlah <i>Tray</i> Reaktif.....	31
2.4.5	Desain Percobaan.....	32
2.5	Tinjauan Model Matematika	33
BAB 3 METODE PENELITIAN		36
3.1	Studi Literatur.....	36
3.2	Studi Simulasi <i>Aspen Plus Dynamics</i> ®.....	38
3.3	Validasi Sistem (<i>Steady State</i>).....	39
3.4	Simulasi Dinamika	40
3.5	Pencarian Nilai Parameter <i>Transfer Function</i>	41
3.6	Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian	43
BAB 4 PEMBAHASAN		44
4.1	Validasi Model	44
4.2	Simulasi Dinamika	47
4.3	Model dan Fungsi Alih.....	50

4.3.1	Perubahan <i>reboiler duty</i> (CO) terhadap temperatur distilat (CV) secara <i>step up</i>	50
4.3.2	Perubahan <i>reboiler duty</i> (CO) terhadap temperatur distilat (CV) secara <i>step down</i>	51
4.3.3	Perubahan <i>reboiler duty</i> (CO) terhadap temperatur <i>bottom</i> (CV) secara <i>step up</i>	52
4.3.4	Perubahan <i>reboiler duty</i> (CO) terhadap temperatur <i>bottom</i> (CV) secara <i>step down</i>	53
4.3.5	Perubahan laju alir <i>reflux</i> (CO) terhadap temperatur distilat (CV) secara <i>step up</i>	54
4.3.6	Perubahan laju alir <i>reflux</i> (CO) terhadap temperatur distilat (CV) secara <i>step down</i>	55
4.3.7	Perubahan laju alir <i>reflux</i> (CO) terhadap temperatur <i>bottom</i> (CV) secara <i>step up</i>	56
4.3.8	Perubahan laju alir <i>reflux</i> (CO) terhadap temperatur <i>bottom</i> (CV) secara <i>step down</i>	57
4.4	Linear dan Non-linear.....	58
4.5	Sensitivitas dan Responsivitas.....	59
4.5.1	Perubahan <i>reboiler duty</i> (CO) terhadap temperatur distilat (CV) secara <i>step up</i>	59
4.5.2	Perubahan <i>reboiler duty</i> (CO) terhadap temperatur distilat (CV) secara <i>step down</i>	60
4.5.3	Perubahan <i>reboiler duty</i> (CO) terhadap temperatur <i>bottom</i> (CV) secara <i>step up</i>	60
4.5.4	Perubahan <i>reboiler duty</i> (CO) terhadap temperatur <i>bottom</i> (CV) secara <i>step down</i>	61
4.5.5	Perubahan laju alir <i>reflux</i> (CO) terhadap temperatur distilat (CV)	61

4.5.6	Perubahan laju alir <i>reflux</i> (CO) terhadap temperatur <i>bottom</i> (CV)	62
.....		62
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN A : <i>SCRIPT ASPEN PLUS DYNAMICS</i> ®		67
LAMPIRAN B : DAFTAR GAMBAR		68
LAMPIRAN C : CONTOH PERHITUNGAN		72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Spesifikasi Kolom RD.....	4
Gambar 2.1	Respon untuk sistem berorde satu.....	8
Gambar 2.2	Respon untuk sistem <i>first order plus time delay</i>	8
Gambar 2.3	Grafik hubungan t_{20} , t_{60} , τ dan ξ (metode Smith).....	9
Gambar 2.4	Mekanisme reaksi esterifikasi dengan katalis asam.....	12
Gambar 2.5	TAC (<i>Total Annual Cost</i>) berdasarkan laju produksi 50 kmol/jam untuk lima sistem esterifikasi.....	14
Gambar 2.6	<i>Reactive Tray</i>	22
Gambar 2.7	Jenis-jenis wadah katalis pada kolom RD.....	24
Gambar 2.8	Konfigurasi distilasi reaktif untuk sub-tipe I _p	27
Gambar 2.9	Konfigurasi distilasi reaktif untuk sub-tipe I _r	28
Gambar 2.10	Konfigurasi distilasi reaktif untuk sub-tipe II _p	29
Gambar 2.11	Konfigurasi distilasi reaktif untuk sub-tipe II _r	29
Gambar 2.12	Konfigurasi distilasi reaktif untuk sub-tipe III _p	30
Gambar 2.13	Konfigurasi distilasi reaktif untuk sub-tipe III _r	31
Gambar 2.14	Desain kolom distilasi reaktif.....	32
Gambar 2.15	Diagram alir penentuan model termodinamika.....	34
Gambar 3.1	Profil perubahan fraksi mol setiap zat pada setiap <i>tray</i>	38
Gambar 3.2	Kolom distilasi dengan reaksi (RadFrac).....	40
Gambar 4.1	Profil komposisi komponen fasa cair sepanjang kolom distilasi reaktif (literatur).....	44

Gambar 4.2	Profil komposisi komponen fasa cair sepanjang kolom distilasi reaktif (simulasi).....	45
Gambar 4.3	Profil perubahan <i>reboiler duty</i> (CO) terhadap temperatur distilat (CV) secara <i>step up</i>	50
Gambar 4.4	Profil perubahan <i>reboiler duty</i> (CO) terhadap temperatur distilat (CV) secara <i>step down</i>	51
Gambar 4.5	Profil perubahan <i>reboiler duty</i> (CO) terhadap temperatur <i>bottom</i> (CV) secara <i>step up</i>	52
Gambar 4.6	Profil perubahan <i>reboiler duty</i> (CO) terhadap temperatur <i>bottom</i> (CV) secara <i>step down</i>	53
Gambar 4.7	Profil perubahan laju alir <i>reflux</i> (CO) terhadap temperatur distilat (CV) secara <i>step up</i>	54
Gambar 4.8	Profil perubahan laju alir <i>reflux</i> (CO) terhadap temperatur distilat (CV) secara <i>step down</i>	55
Gambar 4.9	Profil perubahan laju alir <i>reflux</i> (CO) terhadap temperatur <i>bottom</i> (CV) secara <i>step up</i>	56
Gambar 4.10	Profil perubahan laju alir <i>reflux</i> (CO) terhadap temperatur <i>bottom</i> (CV) secara <i>step down</i>	57

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Spesifikasi Kolom RD.....	3
Tabel 2.1	Karakteristik Metil Asetat.....	13
Tabel 2.2	Karakteristik Asam Asetat.....	15
Tabel 2.3	Karakteristik Metanol.....	16
Tabel 2.4	Karakteristik <i>Amberlyst 15</i>	18
Tabel 2.5	Perbandingan Reaktor dan Distilasi dengan <i>Reactive Distillation</i> .	21
Tabel 2.6.	Tipe Urutan Volatilitas Reaktif.....	28
Tabel 2.7	Alur penentuan model termodinamika.....	35
Tabel 3.1	Spesifikasi masukan dan keluaran pada kolom RD.....	37
Tabel 3.2	Matrix percobaan studi dinamika.....	41
Tabel 3.3	Tabel hasil penelitian.....	42
Tabel 3.4	Jadwal kerja penelitian.....	43
Tabel 4.1	Tabel matrix percobaan studi dinamika.....	48
Tabel 4.2	Tabel hasil penelitian.....	49

DAFTAR SIMBOL

α_i	= aktivitas
$\frac{dn}{dt}$	= laju mol per satuan waktu di dalam <i>tray</i>
$\frac{dH}{dt}$	= laju entalpi per satuan waktu di dalam <i>tray</i>
$F_{i,j}$	= laju alir molar umpan komponen i pada <i>tray</i> j
Gd	= fungsi alih <i>disturbance</i>
Gp	= fungsi alih proses
H_j^I	= entalpi fasa uap keluaran <i>tray</i> j
H_j^{II}	= entalpi fasa cair keluaran <i>tray</i> j
H_{Fj}	= entalpi umpan pada <i>tray</i> j
k	= konstanta laju reaksi, kilomol/kilogram katalis . s
K	= <i>gain</i>
$m_{,cat}$	= massa katalis, kilogram
$n_{i,j}^{II}$	= laju alir molar fasa cair komponen i meninggalkan <i>tray</i> j
$n_{i,j}^I$	= laju alir molar fasa uap komponen i meninggalkan <i>tray</i> j
nr	= jumlah reaksi yang terjadi pada <i>tray</i> j
Q_j	= kalor yang dipasok pada <i>tray</i> j
R^2	= koefisien determinasi
SSE	= <i>sum of squares errors</i>
τ	= <i>time constant</i>
τ_o	= <i>lead time</i>

- T = temperatur, K
- $\nu_{i,j}$ = koefisien stoikiometri komponen i pada reaksi k
- χ_I = fraksi mol cairan
- γ_I = koefisien aktivitas cairan
- ξ = *damping factor*
- $\xi_{k,j}$ = persamaan kinetika reaksi k pada *tray* j
- θ = *dead time*

INTISARI

Dalam sebuah industri proses, sistem pengendalian merupakan salah satu hal yang terpenting untuk menjamin mutu produksi dan keselamatan kerja. Dalam merancang sistem kendali diperlukan model dinamika proses dalam bentuk fungsi alih, yaitu persamaan yang menggambarkan hubungan antara variabel *output* terhadap *input*. Akan tetapi, model dinamika proses umumnya sulit didapat melalui model-model fundamental, terlebih dalam suatu proses yang kompleks. Oleh karena itu, model dinamika suatu proses yang kompleks biasanya merupakan *black box model*, di mana hubungan antara variabel *output* dan *input* didapatkan dari regresi data-data dinamik.

Salah satu proses yang kompleks yang bisa didapati di industri kimia adalah *reactive distillation* (RD). RD merupakan intensifikasi proses yang menggabungkan reaktor dan distilasi dalam satu alat. Penggabungan ini mengakibatkan proses pemisahan dan reaksi terjadi dalam satu kolom sehingga metode ini lebih efektif, efisien dan ekonomis. Sistem kendali dalam kolom RD biasanya meninjau temperatur produk atas dan bawah sebagai *output* atau *controlled variable* (CV). *Manipulated variable* (MV) atau *controller output* (CO) yang bisa dipakai untuk mengendalikan komposisi keluaran kolom adalah beban *reboiler* dan laju alir *reflux*.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari bentuk fungsi alih yang menghubungkan antara CV terhadap CO, serta nilai-nilai parameter fungsi alih tersebut. Untuk mencapai tujuan ini, mula-mula akan dibuat model *steady state* kolom RD dalam *Aspen Plus*[®] dan akan divalidasi dengan data literatur yang ada. Setelah divalidasi, akan dilakukan simulasi dinamik dengan cara *step test* menggunakan *Aspen Plus Dynamics*[®], sehingga didapatkan data-data dinamik. Kumpulan data tersebut kemudian diregresi menggunakan beragam model fungsi alih sehingga didapatkan model fungsi alih yang paling sesuai untuk menggambarkan hubungan antara CV terhadap CO. Adapun proses kimia yang diaplikasikan dalam kolom RD ini adalah produksi metil asetat dari reaksi esterifikasi antara metanol dan asam asetat.

Kata kunci: *Reactive Distillation* (RD), parameter, fungsi alih, metil asetat

ABSTRACT

In a process industry, the control system is one of the most important things to ensure the quality of production and safety. In designing the control system requires a model of process dynamics in the form of the transfer function, which is the equation that describes the relationship between output variables to input variables. However, the process dynamics model is generally difficult to obtain through fundamental models, especially in a complex process. Therefore, the dynamic model of a complex process is usually modeled as a black box model, where the relationship between output and input variables is obtained from dynamic data regression.

One of the most complex processes that can be found in the chemical industry is reactive distillation (RD). RD is an intensification process that combines reactor and distillation in one device. This merger results in separation and reaction processes occurring in a single column so that this method is more effective, efficient and economical. The control system in the RD column usually reviews the product temperature of top and bottom as output or controlled variable (CV). Manipulated variable (MV) or controller output (CO) that can be used to control the composition of the column output is the reboiler duty and the reflux flow.

This study aims to find the form of the transfer function that links between CV to CO, and the values of the parameter of the transfer function. To achieve this goal, a steady state RD model model will be created in Aspen Plus[®] and will be validated with existing literature data. After validation, dynamic simulation will be done by step test using Aspen Plus Dynamics[®] to obtain the dynamic data. The dynamic will be regressed using a variety of transfer function models to obtain the most appropriate transfer function model to illustrate the relationship between CV and CO. The chemical process applied in this RD column is the production of methyl acetate from an esterification reaction between methanol and acetic acid.

Keywords: Reactive Distillation (RD), parameter, transfer function, methyl acetate

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam sebuah industri proses, sistem pengendalian merupakan salah satu hal terpenting untuk menjamin mutu produksi dan keselamatan kerja. Saat merancang sistem kendali diperlukan model dinamika proses dalam bentuk fungsi alih, yaitu persamaan yang menggambarkan hubungan antara variabel *output* terhadap *input*. *Output* dalam konteks ini adalah variabel atau besaran dalam suatu proses yang ingin dijaga nilainya, yang biasa juga disebut *controlled variable* (CV). *Input* terdiri dari 2 jenis, yaitu *disturbance* (D) dan *controller output* (CO). *Disturbance* (D) adalah gangguan yang mungkin terjadi dalam proses sedangkan *controller output* (CO) adalah keluaran sistem pengendali yang bisa membuat *controlled variable* (CV) terjaga nilainya meskipun terjadi gangguan.

Model dinamika proses umumnya sulit didapat melalui model-model fundamental, terlebih dalam suatu proses yang kompleks. Model dinamika suatu proses yang kompleks biasanya merupakan *black box model*, di mana hubungan antara variabel *input* dan *output* didapatkan dari regresi data-data dinamik.

Salah satu proses yang kompleks yang bisa didapati di industri kimia adalah *reactive distillation* (RD). RD merupakan intensifikasi proses yang menggabungkan reaktor dan distilasi dalam satu alat yang berlangsung secara simultan. Keuntungan dari penggunaan RD adalah meningkatkan selektivitas, mengurangi konsumsi energi, mampu menangani pemisahan yang sulit dan dapat digunakan untuk reaksi reversibel yang memiliki konstanta kesetimbangan rendah. Sistem kendali dalam kolom RD biasanya meninjau komposisi produk atas dan bawah sebagai *output* atau *controlled variable* (CV) sedangkan *input* berupa *disturbance* (D) adalah temperatur umpan ataupun komposisi umpan. *Manipulated variable* atau *controller*

output (CO) yang bisa dipakai untuk mengendalikan komposisi keluaran kolom adalah beban *reboiler*, beban kondensor, dan/atau laju alir *reflux*.

RD cocok digunakan untuk menjalankan reaksi-reaksi eksotermal kesetimbangan, seperti esterifikasi. Salah satu produk ester yang sangat berguna di industri adalah metil asetat, yang bisa didapat melalui esterifikasi antara metanol dengan asam asetat. Reaksi ini menghasilkan metil asetat sebagai produk utama dan air sebagai produk samping. Kemudian produk dipisahkan dengan proses distilasi. Dahulu satu kali proses distilasi belum dapat memurnikan metil asetat sesuai dengan harapan, sehingga diperlukan banyak kolom distilasi hingga didapat kemurnian yang tinggi. Untuk menekan biaya operasi dan investasi maka proses reaksi dan proses distilasi dapat digabung menjadi satu yang disebut distilasi reaktif.

Metil asetat dapat ditemukan di dalam apel, anggur, pisang atau buah-buahan lainnya. Metil asetat termasuk ke dalam golongan ester yang disintesis dari asam asetat dan metanol dengan adanya asam kuat seperti asam sulfat dalam reaksi esterifikasi. Metil asetat banyak digunakan sebagai pelarut dalam lem, cat dan cat kuku, dalam reaksi kimia, dan untuk ekstraksi.^[4] Berdasarkan fakta bahwa produk metil asetat memiliki banyak kegunaan dalam industri maka diharapkan produksi melalui esterifikasi dalam kolom RD dapat meningkatkan kemurnian dan konversi yang tinggi. Jadi pertama-tama diperlukan studi dinamika untuk mendapatkan model fungsi alih yang sesuai beserta nilai-nilai parameternya.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana dinamika *reboiler duty* terhadap temperatur distilat?
2. Bagaimana dinamika *reboiler duty* terhadap temperatur *bottom*?
3. Bagaimana dinamika laju alir *reflux* terhadap temperatur distilat?
4. Bagaimana dinamika laju alir *reflux* terhadap temperatur *bottom*?

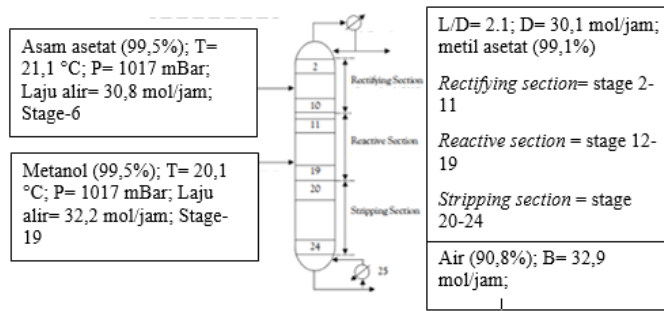
1.3 Premis

1. Model kinetika yang digunakan pada reaksi esterifikasi antara metil asetat dan metanol dengan bantuan katalis *amberlyst 15* adalah *pseudo homogen*.^[14]
2. Kemurnian meningkat seiring meningkatnya jumlah alkohol yang di *recycle*.^[14]
3. Semakin tinggi laju alir masukan maka laju produksi akan meningkat dan kemurnian menurun, begitu juga sebaliknya.^[14]
4. Validasi sistem akan menggunakan data dari The IUP Journal of Science & Technology, 2010, dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 1.1 Spesifikasi Kolom RD

Total tray termasuk reboiler	25
No trays	
<i>Rectifying section</i> (N_R)	2-10
<i>Reactive section</i> (N_{RX})	11-19
<i>Stripping section</i> (N_S)	20-24
No tray masukan asam asetat	6
No tray masukan metanol	19
Laju alir masukan asam asetat (mol/jam)	30,8
Laju alir masukan metanol (mol/jam)	32,2
Laju air produk atas (mol/jam)	30,1
Laju air produk bawah (mol/jam)	32,9
Fraksi distilat	
Asam asetat	0,000
Metanol	0,000
Metil asetat	0,991
Air	0,009
Fraksi bottom	
Asam asetat	0,025
Metanol	0,067

Metil asetat	0,000
Air	0,908



Gambar 1.1 Spesifikasi Kolom RD

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mampu mensimulasikan dinamika *reboiler duty* (CO) terhadap temperatur distilat (CV).
2. Mampu mensimulasikan dinamika *reboiler duty* (CO) terhadap temperatur *bottom* (CV).
3. Mampu mensimulasikan dinamika laju alir *reflux* (CO) terhadap temperatur distilat (CV).
4. Mampu mensimulasikan dinamika laju alir *reflux* (CO) terhadap temperatur *bottom* (CV).

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Bagi Industri

1. Mengetahui kelakuan dinamik *controlled variable* (CV) terhadap *controller output* (CO) dalam kolom *reactive distillation* (RD) yang nantinya berguna untuk merancang sistem pengendalian.

1.5.2 Bagi Ilmuan

1. Mampu melakukan simulasi dinamik produksi esterifikasi menggunakan *software*.
2. Mampu mengembangkan proses *reactive distillation* dalam produksi ester.