



**STUDI DINAMIKA PROSES KOLOM DISTILASI
REAKTIF PADA PRODUKSI *BUTYL ACETATE*
MENGUNAKAN *ASPEN DYNAMICS***

ICE 410- Penelitian

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

Oleh :

Erick Yendarsa (2013620002)

Pembimbing :

Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

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



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2018**

No. Kode : TK YEN 5/18 i
Tanggal : 8 Februari 2019
No. Ind. : 4301-FTI /skp 36849
Divisi :
Majalah / Belt :
Dari : FTI



LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL: STUDI DINAMIKA PROSES KOLOM DISTILASI REAKTIF PADA PRODUKSI *BUTYL ACETATE* MENGGUNAKAN *ASPEN DYNAMICS*

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, Juli 2018

Pembimbing Utama,

Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

Pembimbing Kedua,

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



LEMBAR REVISI

JUDUL: STUDI DINAMIKA PROSES KOLOM DISTILASI REAKTIF PADA
PRODUKSI *BUTYL ACETATE* MENGGUNAKAN *ASPEN DYNAMICS*

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, Juli 2018

Penguji,

Herry Santoso, ST, MTM, PhD

Penguji,

Hans Kristianto, ST, MT

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Erick Yendarsa

NRP : 6213002

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul :

**STUDI DINAMIKA PROSES KOLOM DISTILASI REAKTIF PADA PRODUKSI
BUTYL ACETATE MENGGUNAKAN *ASPEN DYNAMICS***

Adalah hasil pekerjaan saya, dan seluruh ide, pendapat, dan 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 , Juli 2018

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Erick Yendarsa", written over a horizontal line.

Erick Yendarsa
(6213002)



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “**Studi Dinamika Proses Kolom Distilasi Reaktif Pada Produksi *Butyl Acetate* Menggunakan *Aspen Dynamics***” sebagai salah satu syarat kelulusan di jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Saat penyusunan penelitian ini dilakukan penulis mendapat tantangan dan hambatan, tetapi dengan bantuan dari beberapa pihak hal tersebut bisa diatasi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan saran selama penyusunan laporan.
2. I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan saran selama penyusunan laporan.
3. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dorongan secara moril dan materil.
4. Teman-teman yang telah memberi dukungan dan semangat.
5. Semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung telah membantu dalam penyusunan proposal penelitian ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari sempurna baik dari bentuk penyusunan maupun materinya karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Kritik dan saran yang membangun dari pembaca akan sangat membantu penulis untuk penyempurnaan laporan penelitian ini. Penulis berharap semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI



HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR IS'IILAH.....	xii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tema Sentral Masalah	1
1.3 Identifikasi Masalah	2
1.4 Hipotesis	2
1.5 Premis	2
1.6 Batasan Masalah.....	2
1.7 Tujuan Penelitian.....	3
1.8 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Dinamika Proses.....	4
2.2 Metode Penentuan Parameter Fungsi Alih	5
2.3 Distilasi	7
2.3.1 Keseimbangan Fasa	7
2.3.2 Volatilitas Relatif	8
2.3.3 <i>Distillation Equipment</i>	9
2.3.4 Persamaan Neraca pada Kolom Distilasi	10

2.3.5 Fenomena dalam Kolom Distilasi.....	12
2.4 Intensifikasi Proses.....	14
2.4.1 <i>Reactive Distillation</i> (RD).....	14
2.5 Esterifikasi	17
2.6 Kinetika Reaksi Esterifikasi.....	18
2.7 <i>Chemical Substances</i>	19
2.2.1 Asam Asetat.....	19
2.2.2 Butanol	20
2.2.3 <i>Butyl Acetate</i>	21
2.8 Katalis.....	22
2.9 Tinjauan Model Termodinamika.....	23
2.9.1 UNIQUAC.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Studi Literatur	27
3.2 Validasi Sistem pada Keadaan Tunak (<i>Steady State</i>).....	30
3.3 Simulasi Dinamik.....	31
3.4 Jadwal Kerja Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Validasi <i>Steady State</i>	34
4.2 Simulasi Dinamik.....	37
BAB V KESIMPULAN.....	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN A	59
TUTORIAL ASPEN DYNAMICS.....	59
LAMPIRAN B	65
CODING TASK ASPEN DYNAMICS	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Respon untuk Sistem Orde Satu	5
Gambar 2. 2 Respon untuk sistem first order plus time delay	6
Gambar 2. 3 Kurva hubungan t_{20} , t_{60} , τ dan ξ	7
Gambar 2. 4 Diagram kesetimbangan campuran biner: (a) campuran ideal; (b) campuran tidak ideal; (c) campuran azeotrop tangensial ($x_1, A_z = 1$); (d) campuran azeotrop [6]	8
Gambar 2. 5 Kolom Distilasi dengan Refluks	10
Gambar 2. 6 Tray pada Kolom Distilasi.....	11
Gambar 2. 7 Karakteristik Operasi pada Tray. [6]	13
Gambar 2. 8 Reactive Tray	14
Gambar 2. 9 Jenis-jenis Wadah Katalis pada Kolom RD	16
Gambar 2. 10 Diagram Alir Proses Kolom Distilasi Reaktif berdasarkan Jurnal Penelitian Minjeong Cho et al., (2014)	17
Gambar 2. 11 Mekanisme Reaksi Esterifikasi Asam Karboksilat dengan Katalis Asam [18].....	18
Gambar 2. 12 Diagram Alir Penentuan Model Termodinamika [31]	24
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3. 2 Profil Fraksi Mol Komponen terhadap Tahap Kesetimbangan	30
Gambar 3. 3 Kolom Distilasi Reaktif.....	31
Gambar 4. 1 Diagram Alir Proses	34
Gambar 4. 2 Data Input Kinetika Reaksi.....	35
Gambar 4. 3 Data Input Laju Umpan (Feed).....	35
Gambar 4. 4 Data Input Kolom Distilasi Reaktif	35
Gambar 4. 5 Kurva Perubahan Nilai Reflux Rate dengan Kenaikan Sebesar 5% terhadap Waktu.....	37
Gambar 4. 6 Kurva Respon Temperatur Distilat terhadap Kenaikan Nilai Reflux Ratio ..	38
Gambar 4. 7 Kurva Respon Komposisi Butyl Acetate Distilat terhadap Kenaikan Nilai Reflux Ratio	38
Gambar 4. 8 Kurva Respon Temperatur Bottom terhadap Kenaikan Nilai Reflux Ratio ..	39
Gambar 4. 9 Kurva Respon Komposisi Butyl Acetate Bottom terhadap Kenaikan Nilai Reflux Ratio	39

Gambar 4. 10 Kurva Perubahan Nilai Reflux Rate dengan Penurunan Sebesar 5% terhadap Waktu.....	40
Gambar 4. 11 Kurva Respon Temperatur Distilat terhadap Penurunan Nilai Reflux Ratio	40
Gambar 4. 12 Kurva Respon Komposisi Butyl Acetate Distilat terhadap Penurunan Nilai Reflux Ratio	41
Gambar 4. 13 Kurva Respon Temperatur Bottom terhadap Penurunan Nilai Reflux Ratio	41
Gambar 4. 14 Kurva Respon Komposisi Butyl Acetate Bottom terhadap Penurunan Nilai Reflux Ratio	42
Gambar 4. 15 Kurva Perubahan Nilai Reboiler Duty dengan Kenaikan Sebesar 5% terhadap Waktu.....	43
Gambar 4. 16 Kurva Respon Temperatur Distilat terhadap Kenaikan Nilai Reboiler Duty	44
Gambar 4. 17 Kurva Respon Komposisi Butyl Acetate Distilat terhadap Kenaikan Nilai Reboiler Duty	44
Gambar 4. 18 Kurva Respon Temperatur Bottom terhadap Kenaikan Nilai Reboiler Duty	45
Gambar 4. 19 Kurva Respon Komposisi Butyl Acetate Bottom terhadap Kenaikan Nilai Reboiler Duty	45
Gambar 4. 20 Kurva Perubahan Nilai Reboiler Duty dengan Penurunan Sebesar 5% terhadap Waktu.....	46
Gambar 4. 21 Kurva Respon Temperatur Distilat terhadap Penurunan Nilai Reboiler Duty	46
Gambar 4. 22 Kurva Respon Komposisi Butyl Acetate Distilat terhadap Penurunan Nilai Reboiler Duty	47
Gambar 4. 23 Kurva Respon Temperatur Bottom terhadap Penurunan Nilai Reboiler Duty	47
Gambar 4. 24 Kurva Respon Komposisi Butyl Acetate Bottom terhadap Penurunan Nilai Reboiler Duty	48
Gambar 4. 25 Perbandingan Respon Temperatur Distilat Terhadap Perubahan Nilai Reflux Ratio	49

Gambar 4. 26 Perbandingan Respon Temperatur Bottom Terhadap Perubahan Nilai Reflux Ratio	50
Gambar 4. 27 Perbandingan Respon Komposisi Butyl Acetate Distilat Terhadap Perubahan Nilai Reflux Ratio	50
Gambar 4. 28 Perbandingan Respon Komposisi Butyl Acetate Bottom Terhadap Perubahan Nilai Reflux Ratio	51
Gambar 4. 29 Perbandingan Respon Temperatur Distilat Terhadap Perubahan Nilai Reboiler Duty	51
Gambar 4. 30 Perbandingan Respon Temperatur Bottom Terhadap Perubahan Nilai Reboiler Duty	52
Gambar 4. 31 Perbandingan Respon Komposisi Butyl Acetate Distilat Terhadap Perubahan Nilai Reboiler Duty	52
Gambar 4. 32 Perbandingan Respon Komposisi Butyl Acetate Bottom Terhadap Perubahan Nilai Reboiler Duty	53
Gambar A. 1 Flow Driven dari Aspen Plus ke Aspen Dynamics.....	59
Gambar A. 2 Aspen Dynamics Terbuka.....	59
Gambar A. 3 Buka Flowsheet dan Pilih Add Task	60
Gambar A. 4 Add Task.....	60
Gambar A. 5 Masukkan Coding Untuk Input di Task	61
Gambar A. 6 Compile Task	61
Gambar A. 7 Activate Task	62
Gambar A. 8 Buka Flowsheet dan Add Form	62
Gambar A. 9 Find Variabel Output Untuk Form (Refluks.FMR)	63
Gambar A. 10 Find Variabel Output Untuk Form (T Distilat).....	63
Gambar A. 11 Run	64
Gambar A. 12 Copy Data yang Diperoleh ke Excel	64
Gambar B. 1 Coding Task Step up Reflux Ratio Sebesar 5%.....	65
Gambar B. 2 Coding Task Step down Reflux Ratio Sebesar 5%.....	65
Gambar B. 3 Coding Task Step up Reboiler Duty Sebesar 5%.....	65
Gambar B. 4 Coding Task Step down Reboiler Duty Sebesar 5%.....	66



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Setiap Jenis Tray. [8]	9
Tabel 2. 2 Sifat Fisik Asam Asetat. [21]	20
Tabel 2. 3 Sifat Fisik Butanol [26]	21
Tabel 2. 4 Sifat Fisik Butyl Acetate [28]	22
Tabel 2. 5 Perbandingan katalis homogen dan heterogen [29]	23
Tabel 2. 6 Penentuan Model Termodinamika	25
Tabel 3. 1 Data Kinetika Reaksi Esterifikasi [3]	28
Tabel 3. 2 Data Kondisi Umpan dan Keluaran Kolom Distilasi [3]	28
Tabel 3. 3 Data Spesifikasi Kolom Distilasi [3]	29
Tabel 3. 4 Data pengamatan output terhadap waktu	31
Tabel 3. 5 Rencana Kerja Penelitian	32
Tabel 4. 1 Komponen Simulasi Proses	34
Tabel 4. 2 Perbandingan Hasil Simulasi dan Data Literatur	36



DAFTAR ISTILAH

- K_i = koefisien kesetimbangan fasa uap cair
- α_{ij} = volatilitas relatif komponen i terhadap komponen j dalam campuran biner
- y_i = fraksi mol komponen i di fasa uap (mol/mol)
- Y_n = fraksi mol fasa uap pada kolom ke n (mol/mol)
- x_i = fraksi mol komponen i di fasa cair (mol/mol)
- X_F = fraksi mol umpan (mol/mol)
- X_D = fraksi mol distilat (mol/mol)
- X_W = fraksi mol *bottom* (mol/mol)
- X_n = fraksi mol fasa cair pada kolom ke n (mol/mol)
- V_n = laju alir mol fasa uap pada kolom ke n (mol/h)
- L_n = laju alir mol fasa cair pada kolom ke n (mol/h)
- F = jumlah mol umpan (mol/h)
- D = jumlah mol distilat (mol/h)
- W = jumlah mol *bottom* (mol/h)
- $n_{i,j}$ = laju alir molar komponen i pada *tray* j (mol/h)
- ξ = persamaan kinetika reaksi
- nr = jumlah reaksi yang terjadi
- H = entalpi (Joule/h)
- Q = kalor (Joule/h)
- a_i = koefisien aktivitas
- T = temperatur ($^{\circ}\text{C}$)
- n = jumlah komponen

- Z = bilangan koordinasi
- a_{ij} = parameter energi antara komponen I dan j
- b_{ij} = parameter energi antara komponen I dan j
- q_i = parameter area van der Waals (\AA^2)
- A_w = area van der Waals (\AA^2)
- r_i = parameter volume van der Waals (\AA^3)
- V_w = van der Waals volume (\AA^3)
- K = *steady-state gain*
- τ = *time constant*
- θ = *time delay*
- ξ = *damping factor*
- G = fungsi alih



INTISARI

Reactive distillation merupakan salah satu intensifikasi proses yang menarik dan terus dikembangkan sampai saat ini karena memiliki banyak keuntungan dibandingkan proses konvensional. Pada *reactive distillation*, proses reaksi dan pemisahan terjadi dalam satu unit kolom sehingga metode ini lebih efektif, efisien, dan ekonomis dibanding metode konvensional. Proses yang ditinjau dalam penelitian ini adalah proses produksi *butyl acetate* dari asam asetat dan butanol melalui reaksi esterifikasi dengan bantuan *ion-exchange catalyst* berupa *amberlyst 15*. *Butyl acetate* merupakan senyawa yang memiliki banyak kegunaan antara lain: dalam industri pernis, kulit buatan, film fotografi, pelarut untuk ekstraksi dalam produksi penicillin, dan sebagai bahan pengaroma sintetik untuk buah-buahan. Semua proses secara umum tentunya tidak akan selamanya berada dalam keadaan tunak karena adanya gangguan pada proses yang membuat kinerja proses tidak sesuai dengan harapan sehingga perlu dilakukan pengendalian terhadap proses tersebut. Untuk dapat mengendalikan proses diperlukan fungsi alih yang menggambarkan hubungan antara *output* dan *input* proses tersebut. Dengan fungsi alih tersebut dapat dilakukan perancangan pengendali yang sesuai.

Tahap-tahap penyelesaian pada penelitian ini terdiri dari 3 tahap utama, yaitu, studi literatur, validasi sistem dalam keadaan tunak (*steady state*) dan simulasi dinamik. Validasi dilakukan berdasarkan data literatur yang berasal dari jurnal penelitian Minjeong Cho et al., (2014) menggunakan *software* Aspen Plus V8.8. Simulasi dinamik dilakukan untuk mendapatkan respon *output* berupa temperatur distilat, *bottom*, komposisi *butyl acetate* di distilat dan *bottom* dengan mevariasikan *manipulated variable* berupa *reflux ratio* dan *reboiler duty*.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan *output* terhadap perubahan *input* step (+5%) berupa *reflux ratio* memiliki kecenderungan yang sama untuk setiap variabel *output* yang diamati yaitu penurunan nilai temperatur dan komposisi *butyl acetate* pada bagian distilat maupun *bottom*. Untuk perubahan step (-5%) berupa *reflux ratio* memiliki kecenderungan yang sama untuk setiap variabel *output* yang diamati yaitu kenaikan nilai temperatur dan komposisi *butyl acetate* pada bagian distilat maupun *bottom*. Untuk perubahan *input* step (+5%) berupa *reboiler duty* memiliki kecenderungan yang sama untuk setiap variabel *output* yang diamati yaitu kenaikan nilai temperatur dan komposisi *butyl acetate* pada bagian distilat maupun *bottom*. Untuk perubahan step (-5%) berupa *reboiler duty* memiliki kecenderungan yang sama untuk setiap variabel *output* yang diamati yaitu penurunan nilai temperatur dan komposisi *butyl acetate* pada bagian distilat maupun *bottom*. Respon *output* terhadap waktu memiliki kecepatan respon yang berbeda, dimana respon temperatur lebih cepat dibandingkan respon komposisi *butyl acetate*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem ini memiliki *time constant* yang besar.

Kata kunci: *reactive distillation*, *butyl acetate*, esterifikasi, fungsi alih, pengendali, Aspen Plus V8.8, kelakuan dinamik



ABSTRACT

Reactive distillation is one of the intensification of an interesting process and continues to be developed to date because it has many advantages over conventional processes. In reactive distillation, the reaction and separation processes occur in a single column unit so that the method is more effective, efficient and economical than conventional methods. The process reviewed in this research is the production process of butyl acetate from acetic acid and butanol through esterification reaction with the aid of ion exchange catalyst amberlyst 15. Butyl acetate is a compound that has many uses, among others: in the varnish industry, artificial leather, photographic film, solvent for extraction in penicillin production, and as a synthetic flavoring agent for fruits. All processes in general certainly will not always be in steady state due to a disruption in the process that makes the performance of the process is not in line with expectations so that control needs to be done on the process. To be able to control the process requires a transfer function that describes the relationship between the output and the input process. With the transfer function can be done designing the appropriate controller.

The stages of completion in this study consist of 3 main stages, namely, literature study, system validation in steady state and dynamic simulation. Validation is based on literature data from Minjeong Cho et al. (2014) research journal using Aspen Plus V8.8 software. Dynamic simulation is performed to get the output response in the form of distillate, bottom, butyl acetate composition in distillate and bottom by mevariasikan manipulated variable in the form of reflux ratio and reboiler duty.

From result of research indicate that change of output to change of input step (+ 5%) in the form of reflux ratio have the same tendency for every variable of observed output that is decrease of temperature value and composition of butyl acetate at distillate and bottom part. For the step change (-5%) in the form of reflux ratio has the same tendency for each observed variable that is increase of temperature value and composition of butyl acetate at distillate and bottom. For the step input change (+ 5%) in the form of reboiler duty has the same tendency for each observed variable that increases the temperature value and the composition of butyl acetate in the distillate and bottom. For step change (-5%) in the form of reboiler duty have the same tendency for each variable of observed output is decrease of temperature value and composition of butyl acetate at distillate and bottom part. The output response to time has a different response speed, where the temperature response is faster than the response of the butyl acetate composition. This shows that this system has a large time constant.

BAB I

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam aplikasi sesungguhnya di industri, tentunya tidak ada atau jarang sekali sebuah sistem terus berada dalam keadaan *steady state* dari awal hingga akhir proses. Untuk menjamin kualitas produk, jumlah produksi yang tetap, dan keamanan dari sebuah proses maka perlu dipelajari kelakuan dinamis pada sebuah sistem untuk pengontrolan proses lebih lanjut. Langkah pertama dalam pengontrolan sebuah sistem adalah menentukan bentuk fungsi alih dalam sistem tersebut. Fungsi alih dapat ditentukan dengan mencari parameter-parameter yang terdapat dalam fungsi alih. Oleh karena itu, penelitian ini ditujukan untuk mempelajari kelakuan dinamis pada sistem distilasi reaktif dengan mendapatkan bentuk fungsi alih guna pengendalian lebih lanjut.

Distilasi reaktif merupakan alternative dari proses konvensional yang terbagi dalam unit reaksi dan unit pemisahan. Jika konversi tergantung oleh kesetimbangan kimia, distilasi reaktif dapat berguna untuk menaikkan *yield* dari produk yang diinginkan. Dengan menggabungkan unit reaksi dan unit pemisahan menjadi satu alat didapat keuntungan yaitu reaksi samping dapat diminimalkan dan juga panas yang dihasilkan oleh reaksi dapat digunakan untuk proses pemisahan. Penggunaan distilasi reaktif juga dapat menekan biaya operasi sebesar 15% hingga 80% [1]. Selain dari sisi ekonomi, penggunaan distilasi reaktif juga dapat menghemat tempat/lahan yang digunakan karena tempat reaksi dan pemisahan sudah berada dalam satu kolom. Proses yang terjadi dalam distilasi reaktif juga lebih stabil dibandingkan proses menggunakan reaktor biasa sehingga keamanannya juga lebih baik.

Reaksi yang ditinjau dalam penelitian ini adalah reaksi esterifikasi antara butanol (alkohol) dan asam asetat (asam karboksilat) melalui reaksi esterifikasi untuk menghasilkan *butyl acetate (ester)* dengan bantuan katalis heterogen *amberlyst-15* [2]. Dalam kolom distilasi komponen *volatile* adalah air sedangkan komponen *non-volatile* adalah *butyl acetate*.

1.2 Tema Sentral Masalah

Tema sentral masalah pada penelitian ini adalah mensimulasikan reaksi esterifikasi antara butanol dan asam asetat membentuk *butyl acetate* dan air dalam kolom distilasi reaktif

menggunakan *software* Aspen Plus kemudian melakukan simulasi dinamik dengan memberikan variasi gangguan pada proses guna mendapat kelakuan dinamis pada proses tersebut.

1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana kelakuan dinamik temperatur distilat dan *bottom* terhadap perubahan *reflux ratio* dan *reboiler duty* pada proses distilasi reaktif?
2. Bagaimana kelakuan dinamik komposisi *butyl acetate* di distilat dan *bottom* terhadap perubahan *reflux ratio* dan *reboiler duty* pada proses distilasi reaktif?

1.4 Hipotesis

1. Respon *control variable* terhadap *manipulated variable* tidak linear.
2. Respon temperatur distilat terhadap *reflux ratio* lebih cepat dibandingkan temperatur distilat terhadap *reboiler duty*.
3. Respon temperatur *bottom* terhadap *reflux ratio* lebih lambat dibandingkan temperatur *bottom* terhadap *reboiler duty*.

1.5 Premis

1. Katalis yang digunakan untuk reaksi esterifikasi antara butanol dan asam asetat adalah *ion-exchange catalyst* yaitu *amberlyst-15* [2]
2. Model kinetika yang digunakan pada reaksi esterifikasi antara butanol dan asam asetat adalah pseudohomogen. [3]
3. Model termodinamika yang digunakan pada reaksi esterifikasi antara butanol dan asam asetat adalah model UNIQUAC. [3]
4. Dengan laju alir butanol dan asam asetat yang ekuimolar sebesar 36 kmol/jam dan temperatur reaksi sebesar 348,15K didapat kemurnian *butyl acetate* sebesar 96,6%. [3]
5. Campuran *butyl acetate*, air dan butanol membentuk azeotrop pada temperatur 363.15 K [3]

1.6 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dilakukan sampai pada tahap simulasi dinamik pada proses produksi *butyl acetate* dengan distilasi reaktif.
2. *Input* proses hanya terdiri dari *manipulated variable*.

1.7 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mempelajari kelakuan dinamis temperatur distilat dan *bottom* terhadap perubahan *reflux ratio* dan *reboiler duty* pada proses distilasi reaktif.

1.8 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi ilmu pendidikan

Memberikan wawasan mengenai prospek dan keunggulan *reactive distillation* dari segi ekonomi, lingkungan, dan proses.

2. Bagi lingkungan

Memberikan alternatif proses dalam produksi *ester* dengan penggunaan *reactive distillation* yang lebih aman, hemat tempat, dan ramah lingkungan.

3. Bagi industri

Memberikan wawasan mengenai prospek dan keunggulan *reactive distillation* serta parameter-parameter dinamis guna melakukan pengendalian proses skala industr