

**SIMULASI UNSTEADY STATE DISTILASI
REAKTIF MENGGUNAKAN ASPEN
DYNAMICS UNTUK SINTESIS MTBE**



Laporan Penelitian

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

oleh:

David Delavo Setiadi (6213123)

Pembimbing:

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

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



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

No. Kode	: TK SET 9/17 2017
Tanggal	: 27 Februari 2017
No. Inv.	: 4261-FTI /SKP 33528
Divisi	:
Hadiak	:
Dari	: FTI



LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : **SIMULASI UNSTEADY STATE DISTILASI REAKTIF
MENGUNAKAN ASPEN DYNAMICS UNTUK SINTESIS MTBE**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 18 Januari 2017

Pembimbing Utama

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

Pembimbing Kedua

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

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : David Delavo Setiadi

NPM : 2013620123

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul:

SIMULASI UNSTEADY STATE DISTILASI REAKTIF MENGGUNAKAN ASPEN DYNAMICS UNTUK SINTESIS MTBE

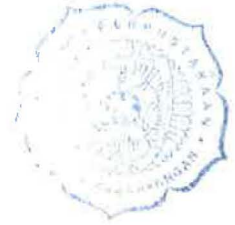
adalah hasil pekerjaan saya. Seluruh ide, pendapat, dan materi dari sumber lain, telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

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, 18 Januari 2017



David Delavo Setiadi
(2013620123)



LEMBAR REVISI

JUDUL : **SIMULASI UNSTEADY STATE DISTILASI REAKTIF
MENGUNAKAN ASPEN DYNAMICS UNTUK SINTESIS MTBE**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 18 Januari 2017

Penguji

Angela Martina, S.T., M.T.

Penguji

Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kuasa-Nya dan kemurahan-Nya sehingga laporan penelitian ini dapat diselesaikan dengan maksimal dan sebaik mungkin. Laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan dalam mata kuliah Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan, yaitu ICE-330 Penelitian.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penulis tentunya mendapatkan banyak dukungan, baik secara moral maupun secara material. Untuk itu, penulis akan mengucapkan terima kasih untuk masing-masing pihak yang telah memberikan dukungan tersebut, yaitu:

1. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan secara moral dan secara finansial untuk membiayai peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian (seperti *laptop* ataupun kertas cetak).
2. Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc. sebagai dosen pembimbing utama yang telah membimbing penulis dengan memberikan pengarahan serta saran selama penelitian berlangsung.
3. I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing kedua yang telah membimbing penulis dengan memberikan pengarahan, saran, dan dukungan moral selama penelitian berlangsung.
4. Teman-teman penulis yang telah memberikan dukungan moral kepada penulis untuk dapat menyelesaikan laporan penelitian ini, serta memberikan semangat kepada penulis selama proses perampungan laporan penelitian ini.
5. Semua pihak lain yang secara langsung ataupun tidak langsung mengambil andil dalam penyelesaian laporan penelitian ini, baik dalam dukungan moral ataupun material.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian yang sudah dibuat ini belum sempurna dan masih banyak aspek yang bisa diperbaiki. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dari berbagai pihak yang telah membaca laporan penelitian ini, untuk membantu penulis dalam penyelesaian laporan-laporan penelitian selanjutnya yang mungkin akan dibuat oleh penulis. Akhir kata, penulis sangat mengharapkan laporan penelitian ini akan bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan, serta menjadi sarana

untuk mengembangkan bidang akademik maupun non-akademik di dalam kehidupan sehari-hari.

Bandung, 18 Januari 2017

Penulis



DAFTAR ISI

COVER DALAM.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	3
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah Awal.....	3
1.5 Premis.....	3
1.6 Hipotesis.....	4
1.7 Tujuan Penelitian.....	4
1.8 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Senyawa MTBE (Metil Ters-Butil Eter).....	6
2.2 Jenis-Jenis Kurva Kesetimbangan yang terbentuk dari Berbagai Macam Campuran yang Terjadi pada Reaksi Sintesis MTBE.....	8
2.3 Distilasi Reaktif.....	13
2.4 Katalis Resin Penukar Kation Amberlyst 15.....	17
2.5 Model dan Kinetika Reaksi Sintesis MTBE.....	20
2.6 Metode Termodinamika dalam Reaksi Sintesis MTBE.....	21
2.7 Fungsi Alih Model Kinetika Reaksi Sintesis MTBE.....	24
2.8 Metode Simulasi Model Kinetika Reaksi Sintesis MTBE.....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Studi Literatur.....	31

3.2	Pembuatan Model Simulasi pada Keadaan Steady State.....	32
3.3	Validasi Simulasi Model dengan Literatur	34
3.4	Studi Dinamika pada Proses	35
3.5	Penentuan Nilai Parameter-Parameter dari Fungsi Alih Proses	36
3.6	Jadwal Kerja	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		38
4.1	Studi Literatur	38
4.2	Validasi Model dengan Literatur	39
4.3	Studi Dinamika pada Proses	40
4.4	Penentuan Fungsi Alih Proses Beserta Parameter-Parameternya.....	41
4.4.1	Beban Reboiler dengan Laju Keluaran Metanol pada Produk Atas.....	41
4.4.2	Beban Reboiler dengan Laju Keluaran MTBE pada Produk Bawah	45
4.4.3	Laju Alir Masukan (Feed) dengan Laju Keluaran Metanol pada Produk Atas	49
4.4.4	Laju Alir Masukan (Feed) dengan Laju Keluaran MTBE pada Produk Bawah	53
4.5	Perbandingan Hasil pada Setiap Input Variable beserta Output-nya.....	57
4.5.1	Beban Reboiler dengan Laju Alir Metanol pada Produk Atas dan MTBE pada Produk Bawah	57
4.5.2	Laju Alir Masukan (Feed) dengan Laju Alir Metanol pada Produk Atas dan MTBE pada Produk Bawah	59
4.5.3	Laju Alir Metanol pada Produk Atas dengan Beban Reboiler dan Laju Alir Masukan (Feed).....	60
4.5.4	Laju Alir MTBE pada Produk Bawah dengan Beban Reboiler dan Laju Alir Masukan (Feed).....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA.....		64
LAMPIRAN A SCRIPT ASPEN PLUS DYNAMICS		67
A.1	Beban Reboiler	67
A.2	Laju Alir Masukan (Feed).....	68
LAMPIRAN B GRAFIK.....		69

B.1	Beban Reboiler dengan Laju Metanol pada Produk Atas	69
B.2	Beban Reboiler dengan Laju MTBE pada Produk Bawah	71
B.3	Laju Alir Masukan (Feed) dengan Laju Metanol pada Produk Atas	73
B.4	Laju Alir Masukan (Feed) dengan Laju MTBE pada Produk Bawah	75
B.5	Pendekatan Konstanta Laju Reaksi Backward ke dalam Persamaan Arrhenius	76
LAMPIRAN C DATA ANTARA		78
C.1	Pendekatan Konstanta Laju Reaksi Backward ke Dalam Persamaan Arrhenius	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kimia Metil ters-Butil Eter (MTBE).....	7
Gambar 2.2 Metil ters-Butil Eter.....	7
Gambar 2.3 Kurva T-x,y dari campuran reaksi isobutena dan metanol yang membentuk MTBE. (Ung & F. Doberty, 1995).....	9
Gambar 2.4 Kurva x-y dari campuran reaksi isobutena dan metanol yang membentuk MTBE. (Ung & F. Doberty, 1995).....	10
Gambar 2.5 Kurva T-x,y dari campuran MTBE dengan metanol.	11
Gambar 2.6 Kurva x-y dari campuran MTBE dengan metanol. (Al-Amer, 2000).	12
Gambar 2.7 Kurva P-x,y dari campuran MTBE dengan isobutena. (Lisal, Smith, & Nezbeda, 1999).	13
Gambar 2.8 Diagram alir proses dari distilasi reaktif secara umum. (Murat, Mohamed, & Bhatia, 2003).....	15
Gambar 2.9 Reaksi yang terjadi pada saat adsorpsi metanol (tahap 1).	18
Gambar 2.10 Reaksi yang terjadi pada saat adsorpsi isobutena (tahap 2).....	18
Gambar 2.11 Reaksi yang terjadi pada saat sintesis MTBE (tahap 3).	19
Gambar 2.12 Proses desorpsi MTBE (tahap 4).	20
Gambar 2.13 Penentuan parameter θ dan τ dengan metode 0,632. (Anonym, 2015).	25
Gambar 2. 14 Penentuan parameter θ dan τ dengan metode point of inflection. (Seborg, Edgar, & Mellichamp, 2004).	27
Gambar 2.15 Grafik Smith. (Seborg, Edgar, & Mellichamp, 2004).	29
Gambar 3.1 Tahap-tahap yang dilakukan pada penelitian.	31
Gambar 3.2 Proses pemasukan data untuk spesifikasi kolom.....	32
Gambar 3.3 Proses pemasukan data untuk reaksi yang terjadi.....	33
Gambar 3.4 Proses pemasukan data untuk kinetika reaksi yang terjadi.....	33
Gambar 3.5 Proses pemasukan data untuk metode termodinamika yang digunakan.....	34
Gambar 4.1 Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran metanol pada produk atas	41

Gambar 4.2 Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran metanol pada produk atas	42
Gambar 4.3 Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran metanol pada produk atas	43
Gambar 4.4 Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran metanol pada produk atas	44
Gambar 4.5 Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah	45
Gambar 4.6 Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah	46
Gambar 4.7 Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah.....	47
Gambar 4.8 Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah	48
Gambar 4.9 Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran metanol pada produk atas	49
Gambar 4.10 Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran metanol pada produk atas.....	50
Gambar 4.11 Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran metanol pada produk atas	51
Gambar 4.12 Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran metanol pada produk atas	52
Gambar 4.13 Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah	53
Gambar 4.14 Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah	54
Gambar 4.15 Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah.....	55
Gambar 4.16 Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah.....	56
Gambar A.1 Script task untuk step-up beban reboiler.....	67
Gambar A.2 Script task untuk step-down beban reboiler.....	67

Gambar A.3 Script task untuk step-up laju alir masukan (feed)	68
Gambar A.4 Script task untuk step-down laju alir masukan (feed).....	68
Gambar B.1 Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran metanol pada produk atas	69
Gambar B.2 Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran metanol pada produk atas	69
Gambar B.3 Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran metanol pada produk atas	70
Gambar B.4 Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran metanol pada produk atas	70
Gambar B.5 Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah	71
Gambar B.6 Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah	71
Gambar B.7 Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah.....	72
Gambar B.8 Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable beban reboiler dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah	72
Gambar B.9 Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran metanol pada produk atas	73
Gambar B.10 Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran metanol pada produk atas	73
Gambar B.11 Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran metanol pada produk atas.....	74
Gambar B.12 Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran metanol pada produk atas.....	74
Gambar B.13 Hasil pendekatan FOPTD dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah.....	75
Gambar B.14 Hasil pendekatan SOPTD dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah.....	75
Gambar B.15 Hasil pendekatan SOPTD ditambah lead time dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah	76

Gambar B.16 Hasil pendekatan SOPTD underdamped dengan input variable laju alir masukan (feed) dan output laju keluaran MTBE pada produk bawah	76
Gambar B.17 Hasil pendekatan konstanta laju reaksi backward ke dalam persamaan Arrhenius	77



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Fisik Metil ters-Butil Eter (MTBE)	6
Tabel 2.2 Klasifikasi sistem (Coulson, Richardson, & Sinnott, 2005).....	23
Tabel 2.3 Pemilihan metode termodinamika (Coulson, Richardson, & Sinnott, 2005).	24
Tabel 3.1 Data literatur: kondisi operasi dan komposisi umpan serta produk	35
Tabel 3.2 Jadwal kerja penelitian	37
Tabel 4.1 Validasi hasil penelitian dengan data literatur (Murat, Mohamed, & Bhatia, 2003).....	40
Tabel C.1 Pendekatan konstanta laju reaksi backward ke dalam persamaan Arrhenius	78



INTISARI

Industri kendaraan bermotor baik di Indonesia maupun di dunia akhir-akhir ini berkembang semakin cepat. Tingginya produksi kendaraan bermotor menyebabkan kebutuhan akan bahan bakar minyak (BBM) meningkat. BBM yang umum digunakan tidak lepas dari bahan aditifnya yaitu Metil ters-Butil Eter (MTBE). Salah satu cara yang sangat efektif untuk mensintesis MTBE adalah dengan proses distilasi reaktif. Prinsip dari proses ini adalah menggabungkan antara proses reaksi sintesis MTBE melalui reaksi eterifikasi dengan proses pemisahan MTBE yang telah terbentuk dari pengotor-pengotornya melalui distilasi. Hal yang menonjol dari proses ini yaitu dapat mengurangi luas lahan yang dibutuhkan untuk sintesis MTBE dikarenakan proses ini hanya membutuhkan 1 kolom distilasi reaktif, selain itu juga konversi reaksi sintesis MTBE dapat mencapai 99,9% dengan kemurnian dari hasil pemisahan yaitu 98%. Selain itu sampai saat ini Indonesia masih harus mengimpor MTBE untuk memenuhi kebutuhan akan BBM-nya.

Penelitian ini ditujukan untuk mensimulasikan model sintesis MTBE dengan kolom distilasi reaktif. Pertama-tama disimulasikan dalam keadaan tunak / *steady state*, setelah itu dilakukan simulasi dalam keadaan dinamis dengan cara memberikan gangguan-gangguan yaitu suhu dan komposisi masukan awal pada model. Data hasil dari kelakuan dinamis model akan diolah menjadi suatu fungsi alih dari model sintesis MTBE dengan kolom distilasi reaktif tersebut. Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah tentang model simulasi reaksi sintesis MTBE dengan distilasi reaktif beserta fungsi alihnya.

Penelitian ini pertama-tama dilakukan studi literatur untuk mencari data-data spesifikasi dan kinetika reaksi yang diperlukan untuk membuat model simulasi sintesis MTBE beserta hasil simulasi yang telah dilakukan sebelumnya pada keadaan *steady state*. Setelah itu dilakukan pembuatan model simulasi sintesis MTBE dengan *software* Aspen Plus dan dilakukan validasi. Selanjutnya model disimulasikan dengan diberikan perubahan berupa *input variable* dengan *software* Aspen Plus Dynamics, hasilnya dilakukan pengolahan lebih lanjut dengan *software* Control Station untuk mencari parameter-parameter fungsi alih yang sesuai dari model simulasi tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada hasil simulasi sintesis MTBE pada kondisi tidak tunak, yaitu dengan diberikan perubahan pada *input variable*-nya, jika didekatkan dengan berbagai macam fungsi alih, maka fungsi alih yang sesuai adalah fungsi alih orde 2 dengan *time delay* dan *lead time*. Respon laju alir keluaran metanol pada produk atas dan MTBE pada produk bawah memiliki *time delay* terhadap *input variable* beban reboiler, sedangkan terhadap *input variable* laju alir masukan (*feed*) tidak memiliki *time delay*. Untuk *input variable* laju alir masukan (*feed*) direspon berbanding terbalik oleh laju alir keluaran metanol pada produk atas dan MTBE pada produk bawah (memiliki nilai parameter K yang negatif).

Kata kunci : Fungsi alih, Aspen Plus Dynamics, sintesis MTBE, distilasi reaktif

ABSTRACT

Nowadays the vehicle industry is growing very significantly and it is not only in Indonesia but in other countries as well. The more vehicles are manufactured, the more gasoline is needed. The gasoline commonly used automatically needs an additive compound called Methyl tert-Butyl Ether (MTBE). One of the effective ways to synthesize MTBE is through a process reactive distillation. The principle of this process is to combine the process of reaction and separation, which is usually implemented in 2 different places but now only in one place. MTBE is synthesized through an etherification reaction and separated through a distillation process. Besides a space efficiency, another advantage of this process is about the conversion and MTBE's purity. The reaction conversion of this process can reach 99,9% and the MTBE's purity through a reactive distillation can reach 98%. However, Indonesia still has to import MTBE to fulfill its gasoline needs.

This research aims to simulate an MTBE synthesis model through reactive distillation columns. Firstly the simulation is held through steady state conditions, then through dynamic conditions by giving the model some disturbance input, that is temperature and feed compositions. The results from the dynamic simulation will be used to make a specific transferring function for the model. There are several benefits from this research, that is decreasing the space required for synthesized MTBE, increasing production rate of MTBE, giving advice to the government to start producing our MTBE without depending on other countries, and giving a lot of scientific information about simulation model of synthesized MTBE through a reactive distillation and its transferring function.

This literature study is firstly conducted to find the specifications and kinetic reaction data used to make a simulation model along with simulation results that has been held before in steady state conditions. After that simulation model is designed and validated by Aspen Plus software. Then the model is simulated with a specific variable input by Aspen Plus Dynamics software, and the result is used to search the values of transferring function parameters by Control Station software.

The results showed that in the stimulation of the synthesis of MTBE at unsteady-state conditions, with a given change in its input variable, if subjected to a variety of functions over, then the corresponding transfer function is second order transfer function with a time delay and lead time. Response output flow rate of methanol in distillate and MTBE in bottom product has a time delay for input variable reboiler load, while for input variable flow rate input (feed) does not have a time delay. For input variable flow rate input (feed) responded inversely by the flow rate at the output of methanol in distillate and MTBE in bottom product (having a negative value of the parameter K).

Keywords : Transfer function, Aspen Plus Dynamics, MTBE synthesis, reactive distillation



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi di dunia khususnya di Indonesia semakin lama semakin cepat, tidak terkecuali dalam bidang transportasi. Salah satu jenis transportasi yang memiliki peran sangat penting pada masyarakat Indonesia akhir-akhir ini adalah transportasi darat, khususnya mobil dan motor. Menurut data statistik, penjualan kendaraan bermotor di Indonesia mengalami peningkatan yang sangat signifikan dari tahun 2003 – 2013. Pada tahun 2003 penjualan kendaraan bermotor di Indonesia sebanyak 354.629 unit, sedangkan pada tahun 2013 penjualan kendaraan bermotor di Indonesia meningkat signifikan hingga mencapai 1.229.901 unit. (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (GAIKINDO), 2015).

Tingginya penjualan kendaraan bermotor mengakibatkan permintaan terhadap bahan bakar juga tinggi. Menurut data statistik, kebutuhan bahan bakar pada tahun 2003 di Indonesia mencapai 14,5 juta kilo liter (Badan Pusat Statistik, 2014), sedangkan pada tahun 2013 kebutuhan bahan bakar di Indonesia mencapai 33,4 juta kilo liter, jauh lebih banyak daripada pada tahun 2003 (Hardadi, 2015). Salah satu komponen dari bahan bakar kendaraan bermotor yang sangat penting adalah zat anti ketuknya, yaitu MTBE. Tingginya kebutuhan bahan bakar kendaraan bermotor di Indonesia, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, membuat kebutuhan akan MTBE pun akan menjadi tinggi. Sampai dengan saat ini, Indonesia mengimpor MTBE dari negara-negara yang sudah lebih maju seperti Amerika, Jerman, Korea, dan Cina. (Winasih, 2012). Oleh karena itu, merupakan sebuah ide yang sangat baik jika Indonesia dapat memproduksi MTBE sendiri tanpa harus mengimpor dari negara lain.

Banyak penelitian yang telah dilakukan dalam proses produksi MTBE dengan berbagai macam cara. Berbagai cara yang telah dilakukan antara lain adalah dengan menggunakan sistem batch dengan jaket penukar panas (Gicquel & Torck, 1983), kristalisasi dengan zeolit tipe-MFI (Ahmed, et al., 1997), dan menggunakan katalis *clay* (Adams, Clement, & Graham, 1982). Namun, dari cara-cara tersebut masih memiliki kelemahan, yaitu dalam hal konversi dan efisiensinya. Konversi MTBE yang didapat dari cara-cara tersebut masih tergolong rendah. Salah satu penyebab

rendahnya konversi MTBE yaitu adanya titik azeotrop pada kesetimbangan campuran baik antar reaktan maupun reaktan dan produknya (Ung & F. Doberty, 1995) (Al-Amer, 2000). Pada metode dengan menggunakan katalis clay, konversi MTBE yang dapat dihasilkan hanya 60% (Adams, Clement, & Graham, 1982). Pada metode kristalisasi dengan zeolit tipe-MFI, konversi MTBE yang dapat dihasilkan hanya 45% (Ahmed, et al., 1997). Pada metode sistem batch dengan jaket penukar panas dan katalis, konversi MTBE yang dapat dihasilkan memang cukup tinggi, yaitu dapat mencapai 90%, namun waktu yang dibutuhkan cukup lama, dikarenakan berlangsung dalam sistem batch yang memiliki waktu siklus spesifik sehingga proses menjadi tidak efisien (Gicquel & Torck, 1983).

Rendahnya konversi yang dihasilkan dan lamanya waktu yang dibutuhkan dalam sintesis MTBE membuat banyak penelitian yang dilakukan untuk mengatasi kedua masalah tersebut. Dari sekian banyak penelitian yang dilakukan, terdapat salah satu metode yang cukup menarik untuk dikembangkan lebih lanjut, yaitu metode distilasi reaktif, yang merupakan gabungan dari proses distilasi dan reaksi. Pada proses ini, konversi MTBE yang dapat dihasilkan dapat mencapai 99,9% dengan kemurnian MTBE yang dapat dihasilkan yaitu 98% (Hiwale, Mahajan, Bhate, & Mahajani, 2004) (Murat, Mohamed, & Bhatia, 2003). Selain itu, proses distilasi reaktif merupakan proses yang berlangsung secara kontinu dimana proses ini tidak memerlukan waktu siklus sehingga dapat beroperasi dengan lebih efisien.

Dalam penelitian ini, hal yang pertama dilakukan adalah membuat model dari proses sintesis MTBE menggunakan kolom distilasi reaktif. Model pertama yang dibuat merupakan model simulasi untuk keadaan *steady state*, setelah model simulasi pada kondisi *steady state* dibuat, maka dilakukan studi dinamika dari model simulasi yang telah dibuat dengan cara mengubah variabel *input*, dimana variabel-variabelnya adalah beban boiler dan laju alir masukan (*feed*) dengan output yang dilihat adalah laju keluaran metanol pada produk atas dan laju keluaran MTBE pada produk bawah. Setelah itu dilakukan penentuan parameter-parameter fungsi alih dari model simulasi yang telah diberi *input*. Fungsi alih ini dibuat dengan tujuan membentuk suatu gambaran pada sistem dalam menentukan bagaimana sistem pengendalian / pengontrol pada sistem. Sistem pengendalian pada sistem merupakan suatu hal yang sangat penting untuk dibuat karena hal ini bertujuan untuk menjaga sistem agar

bekerja sesuai yang diinginkan, jika sampai terjadi suatu penyimpangan maka dengan adanya sistem pengendalian penyimpangan tersebut dapat segera teratasi.

1.2 Tema Sentral Masalah

Tema sentral masalah pada penelitian ini adalah melakukan suatu **pemodelan dan simulasi reaksi sintesis MTBE dan pemisahannya dengan proses distilasi reaktif sehingga didapatkan model dan persamaan fungsi alih yang sesuai.**

1.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana persamaan fungsi alih proses antara *input variable* laju alir masukan (*feed*) dengan *output* laju keluaran metanol pada distilat dan MTBE pada bottom?
2. Bagaimana persamaan fungsi alih proses antara *input variable* beban reboiler dengan *output* laju keluaran metanol pada distilat dan MTBE pada bottom?

1.4 Batasan Masalah Awal

Batasan masalah awal pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. *Software* yang digunakan pada penelitian ini untuk melakukan pemodelan dan simulasi reaksi sintesis MTBE dan pemisahannya dengan proses distilasi reaktif adalah Aspen Plus v8.8 dan Aspen Plus Dynamics v8.8.
2. *Software* yang digunakan pada penelitian ini untuk mendapatkan persamaan fungsi alih yang diinginkan adalah Control Station v3.7.
3. Dalam proses reaksi sintesis MTBE digunakan katalis resin penukar kation Amberlyst 15.
4. Kolom distilasi reaktif yang digunakan merupakan kolom jenis *hybrid*.
5. Dalam menyimulasikan proses sintesis MTBE dengan distilasi reaktif digunakan metode RadFrac.

1.5 Premis

Premis-premis yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Konversi reaksi sintesis MTBE optimum adalah 99,9% (Hiwale, Mahajan, Bhate, & Mahajani, 2004) (Murat, Mohamed, & Bhatia, 2003).

2. Kemurnian MTBE hasil distilasi optimum adalah 98% (Hiwale, Mahajan, Bhate, & Mahajani, 2004) (Murat, Mohamed, & Bhatia, 2003).
3. Suhu optimum untuk reaksi sintesis MTBE yaitu 320 K untuk metanol dan 350 K untuk isobutena (Murat, Mohamed, & Bhatia, 2003) (Baur, Taylor, & Krishna, 2000).

1.6 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Persamaan fungsi alih proses untuk *input variable* laju alir masukan (*feed*) dengan *output* laju keluaran metanol pada produk atas dan MTBE pada produk bawah merupakan fungsi alih orde tinggi.
2. Persamaan fungsi alih proses untuk *input variable* beban boiler dengan *output* laju keluaran metanol pada produk atas dan MTBE pada produk bawah merupakan fungsi alih orde tinggi.

1.7 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan model simulasi reaksi sintesis MTBE beserta pemisahannya menggunakan distilasi reaktif.
2. Mendapatkan suatu persamaan fungsi alih proses dari reaksi sintesis MTBE beserta pemisahannya menggunakan distilasi reaktif.

1.8 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagi Industri

Manfaat penelitian ini bagi industri yaitu meningkatkan laju produksi MTBE dan efisiensi tempat (tidak memerlukan lagi tempat untuk melakukan reaksi) sehingga dapat mengurangi biaya produksi.

2. Bagi Pemerintah

Manfaat penelitian ini bagi pemerintah yaitu meningkatkan produksi MTBE sehingga dapat menutupi kebutuhan MTBE nasional atau bahkan surplus dimana dapat dijadikan bahan ekspor negara, bukan mengimpor dari negara lain.

3. Bagi Ilmuwan

Manfaat penelitian ini bagi ilmuwan yaitu menjadi sebuah sumber referensi ilmiah tentang model sintesis MTBE dengan distilasi reaktif lengkap dengan seluruh spesifikasinya dan nilai parameter-parameter yang diperlukan dalam membuat fungsi alih prosesnya, sehingga dapat dijadikan acuan untuk lebih mengembangkan penelitian tentang sintesis MTBE.