



STUDI DISTILASI REAKTIF UNTUK PRODUKSI GLYCEROL TERT-BUTYL ETHER DENGAN MENGUNAKAN ASPEN PLUS

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar

Sarjana di bidang Ilmu Teknik Kimia

oleh:

Ignasius Irvin (6213028)

Harry Julyanto (6214080)

Dosen Pembimbing:

Dr. Budi H. Bisowarno



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

No. Kode	: TK IRV s/18
Tanggal	: 8 Februari 2019
No. Ind.	: 4353-FTI /SKP 36821
Divisi	:
Hadiah / Bell	:
Dari	: FTI



LEMBAR PENGESAHAN

STUDI DISTILASI REAKTIF UNTUK PRODUKSI GLYCEROL TERT-BUTYL ETHER DENGAN ASPEN PLUS

CATATAN

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 28 Juni 2018

Pembimbing,

Dr. Budi H. Bisowarno



LEMBAR REVISI

**STUDI DISTILASI REAKTIF UNTUK PRODUKSI GLYCEROL TERT-BUTYL
ETHER DENGAN ASPEN PLUS**

CATATAN

Empty box for notes.

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 16 Juli 2018

Penguji I,

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

Penguji II,

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



SURAT PERNYATAAN

Kami, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ignasius Irvin Nama : Harry Julyanto
NRP : 6213028 NRP : 6214080

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:STUDI DISTILASI REAKTIF
UNTUK PRODUKSI GLYCEROL TERT BUTYL ETHER DENGAN MENGGUNAKAN
ASPEN PLUS

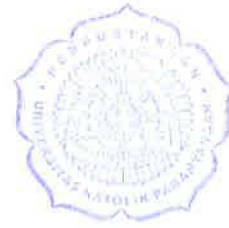
Adalah hasil pekerjaan kami, dan seluruh ide, pendapat, dan materi dari sumber lain, telah dikutip
dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

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, 28 Juni 2018

Ignasius Irvin
(2013620028)

Harry Julyanto
(2014620080)



KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena anugerah-Nya telah mengizinkan penulis menyelesaikan penelitian ini tepat waktu. Penelitian berjudul “Studi Distilasi Reaktif untuk Sintesis Glycerol Tert Butyl Ether Menggunakan Aspen Plus” ini disusun sebagai salah satu bentuk prasyarat kelulusan Jurusan Proses Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan. Penulis menyadari tanpa kehadiran orang-orang di samping penulis, proposal penelitian ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr.Ir. Budi H. Bisowarno, M.Eng. selaku dosen pembimbing utama yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan penelitian.
2. Orang tua yang penulis banggakan dan sayangi, yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan penelitian.
4. Teman-teman penulis yang telah memberikan semangat, dukungan dan bantuan kepada penulis. (Lovestead & Bruno, 2011)
5. Serta semua pihak yang ikut membantu penulis dalam proses penyusunan penelitian.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini.

Akhir kata, penulis mengharapkan melalui penelitian ini dapat membantu memperluas pengetahuan para pembaca.

Bandung, 28 Juni 2018

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR REVISI.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
INTISARI.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	2
1.4 Premis-premis.....	2
1.5 Hipotesis Penelitian.....	3
1.6 Tujuan Penelitian.....	3
1.7 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.8 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Gliserol.....	5
2.2 Konstanta Keseimbangan dan Kinetika Reaksi.....	9
2.3 GTBE.....	14
2.4 Reaksi Gliserol dengan <i>Tert Butyl Alcohol</i>	16
2.5 Katalis Amberlyst 15.....	18
2.6 Metode-metode Eterifikasi Gliserol dengan TBA untuk Memproduksi GTBE.....	21
2.6.1 Traditional Design and Control Produksi GTBE dengan TBA.....	21
2.6.2 Arco Process.....	23
2.6.3 Reactive distillation.....	24
2.6.4 Behr and Obendorf Process.....	25
2.6.5 Proses Baru Berdasarkan Ekstraksi dari GTBE Menggunakan Biodiesel.....	26
2.7 Oxygenates.....	27
2.8 GTBE sebagai Oxygenate.....	28

2.9	Pengaruh GTBE <i>Oxygenate</i> pada Bahan Bakar.....	29
2.10	Eterifikasi Gliserol dengan <i>Tert Butyl Alcohol</i> Secara Eksperimen.....	29
2.11	Fenomena-fenomena Pada Kolom Distilasi.....	31
2.12	Model Termodinamika.....	32
2.13	Simulator Aspen Plus.....	33
2.13.1	Kolom pemisah Pada Aspen Plus.....	34
2.13.2	Model DSTWU.....	34
2.13.3	Model DISTL.....	36
2.13.4	Model Radfrac.....	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		40
3.1	Studi literatur.....	40
3.2	Validasi.....	41
3.3	Simulasi.....	43
3.4	Jangka Waktu Penelitian.....	43
BAB IV PEMBAHASAN.....		44
4.1	Validasi.....	44
4.2	Pengaruh Beban <i>Reboiler</i>	46
4.3	Pengaruh Rasio Refluks.....	50
4.4	Pengaruh <i>Bottom Rate</i> dan <i>Boilup Rate</i>	52
4.5	Pengaruh Laju Distilat dan Laju Refluks.....	55
4.6	Sensitivitas $Q_{reboiler}$, <i>Bottom Rate</i> , <i>Boilup Rate</i> , Rasio Refluks, Laju Distilat, dan Laju Refluks.....	58
4.7	Konversi dan Selektivitas pada Variasi Beban <i>Reboiler</i> dan Rasio Refluks.....	59
4.8	Pengaruh Tekanan.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....		69
LAMPIRAN A.....		71

DAFTAR TABEL



Tabel 2.1 Sifat fisik dan kimia gliserol	5
Tabel 2.2 Perkiraan produksi gliserol sebagai produk samping(Satuan ribu kiloliter)	7
Tabel 2.3 Konstanta laju kinetika reaksi model PL-A,PL-X,LH-A	13
Tabel 2.4 Spesifikasi m-GTBE ,d-GTBE dan t-GTBE	15
Tabel 2.5 Spesifikasi katalis amberlyst 15	18
Tabel 2.6 Karakteristik resin penukar ion	20
Tabel 2.7 Perbandingan 2 katalis A-15 dan A-35 pada temperatur 60°C	21
Tabel 2.8 Titik didih produk eterifikasi gliserol.....	22
Tabel 2.9 Kondisi untuk proses Behr and Obendorf	26
Tabel 2.10 Komposisi laju alir	27
Tabel 2.11 Sifat fisik <i>oxygenates</i> yang umum digunakan	28
Tabel 3.1 Data validasi masukan dan keluaran kolom <i>reactive distillation</i>	42
Tabel 3.2 Spesifikasi kolom <i>reactive distillation</i>	42
Tabel 3.3 Rencana Kerja Penelitian	43
Tabel 4.1 Letak azeotrop tiap komponen terlibat.....	47
Tabel 4.2 Pengaruh Kenaikan 10% dari Kondisi Validasi terhadap Konversi dan Selektivitas	59



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur molekul gliserol	5
Gambar 2.2 Beberapa kemungkinan penggunaan gliserol	6
Gambar 2.3 Nilai rata-rata RMSD dari model PL dan LH pada variasi temperature	12
Gambar 2.4 Efek temperatur reaksi pada reaktor (Ozbay, Oktar, Gulsen , & Dogu, 2010)	14
Gambar 2.5 Pengaruh space time pada reaktor	14
Gambar 2.6 Spektrum produk dari GTBE.....	15
Gambar 2.7 Produk yang dapat terbentuk dari reaksi gliserol dengan tert butyl alcohol.....	16
Gambar 2.8 Pembentukan Tert butyl carbocation.....	16
Gambar 2.9 Serangan Nucleophilic gliserol pada carbocation.....	17
Gambar 2.10 Pembentukan m-GTBE dari intermediary	17
Gambar 2.11 pembentukan d-GTBE keluar dari 1 -ethers.....	17
Gambar 2.12 Pembentukan d-GTBE dan t-GTBE keluar dari 2-ether.....	18
Gambar 2.13 Pengaruh konversi gliserol pada waktu untuk katalis yang berbeda	19
Gambar 2.14 Distribusi MTBG dan DTBG terhadap waktu untuk perbedaan katalis.....	20
Gambar 2.15 Reaktor-separation-recycle proses untuk eterifikasi gliserol.....	21
Gambar 2.16 Kurva residu gliserol- m-GTBE –d-GTBE.....	22
Gambar 2.17 Kurva residu TBA-air, campuran butanediol	23
Gambar 2.18 Konsep reactive distillation	25
Gambar 2.19 Desain behr dan obendorf untuk proses estherifikasi	25
Gambar 2.20 Proses ekstraksi dengan biodiesel	26
Gambar 2.21 Reaktor autoclave untuk eterifikasi gliserol dengan TBA.....	30
Gambar 2.22 Proses eterifikasi gliserol.....	31
Gambar 2.23 Diagram performa kolom distilasi.....	32
Gambar 2.24 Bagan pemilihan model termodinamika.....	33
Gambar 2.25 Macam-macam kolom pada simulator ASPEN plus	34
Gambar 2.26 Input Model DSTWU	34
Gambar 2.27 Input block model DSTWU.....	35
Gambar 2.28 Hasil model DSTWU.....	35
Gambar 2.29 Reflux ratio vs jumlah tahap.....	35
Gambar 2.30 Jumlah tahap	36
Gambar 2.31 Hasil DSTWU→input DISTL	36
Gambar 2.32 Hasil model DISTL.....	37
Gambar 2.33 <i>Result DSTWU→Input RADFRAC</i>	38
Gambar 2.34 <i>Input</i> tahap umpan model RADFRA	38
Gambar 2.35 Pressure drop model RADFRAC.....	39
Gambar 2.36 Hasil model RADFRAC.....	39
Gambar 2.37 Profil kolom model RADFAC.....	39
Gambar 3.1 Gambar rangkaian alat untuk simulasi sintesis GTBE	41
Gambar 3.2 Profil komposisi dan temperatur setiap tahap kolom distilasi reaktif.....	42
Gambar 4.1 Komposisi di tiap tahap pada kolom distilasi reaktif	44

Gambar 4.2 Profil temperatur sepanjang kolom distilasi reaktif.....	45
Gambar 4.3 Pengaruh beban reboiler terhadap konversi gliserol(RR=2)	48
Gambar 4.4 Pengaruh Beban Reboiler terhadap Selektivitas Produk Utama(RR=2)	49
Gambar 4.5 Pengaruh beban <i>reboiler</i> terhadap kemurnian produk.....	49
Gambar 4.6 Pengaruh Mole Reflux Ratio terhadap Konversi Gliserol(Qr=80kW)	51
Gambar 4.7 Pengaruh Mole Reflux Ratio terhadap Selektivitas Produk Utama(Qr=80kW)...	51
Gambar 4.8 Pengaruh rasio refluks terhadap kemurnian produk	52
Gambar 4.9 Pengaruh Bottom Rate terhadap Konversi Gliserol(RR=2)	53
Gambar 4.10 Pengaruh Bottom Rate terhadap Selektivitas Produk Utama(RR=2).....	54
Gambar 4.11 Pengaruh Boilup Rate terhadap Konversi Gliserol(RR=2)	54
Gambar 4.12 Pengaruh Boilup Rate terhadap Selektivitas Produk Utama(RR=2)	55
Gambar 4.13 Pengaruh Laju Distilat terhadap Konversi Gliserol(RR=2)	56
Gambar 4.14 Pengaruh Laju Distilat terhadap Selektivitas Produk Utama(RR=2)	56
Gambar 4.15 Pengaruh Laju Refluks terhadap Konversi Gliserol(RR=2).....	57
Gambar 4.16 Pengaruh Laju Refluks terhadap Selektivitas Produk Utama(RR=2)	58
Gambar 4.17 Pengaruh Rasio Refluks pada Beban Reboiler Bervariasi.....	61
Gambar 4.18 Pengaruh Beban Reboiler pada Rasio Refluks Bervariasi.....	62
Gambar 4.19 Pengaruh rasio refluks terhadap kemurnian produk pada beban reboiler bervariasi	62
Gambar 4.20 Pengaruh beban <i>reboiler</i> terhadap kemurnian produk pada rasio refluks bervariasi	64
Gambar 4.21 Pengaruh Tekanan Terhadap Konversi Produk Utama	65
Gambar 4.22 Pengaruh Tekanan Terhadap Selektivitas Produk Utama	65
Gambar A.1 Komponen-komponen sistem sintesis GTBE.....	71
Gambar A.2 Model termodinamika sistem sintesis GTBE	71
Gambar A.3 Konfigurasi alat sistem sintesis GTBE	71
Gambar A.4 Spesifikasi laju alir Gliserol.....	72
Gambar A.5 Spesifikasi laju alir TBA.....	72
Gambar A.6 Spesifikasi kolom distilasi reaktif untuk sintesis GTBE(1).....	72
Gambar A.7 Spesifikasi kolom distilasi reaktif untuk sintesis GTBE(2).....	73
Gambar A.8 Spesifikasi kolom distilasi reaktif untuk sintesis GTBE(3).....	73
Gambar A.9 Reaksi sistem sintesis GTBE	73
Gambar A.10 Kinetika reaksi sistem sintesis GTBE.....	74
Gambar A.11 Spesifikasi reaksi kolom distilasi reaktif untuk sintesis GTBE(1)	74
Gambar A.12 Spesifikasi reaksi kolom distilasi reaktif untuk sintesis GTBE(2)	74
Gambar A.13 Profil konsentrasi kolom distilasi reaktif untuk sintesis GTBE.....	75
Gambar A.14 Pengaruh rasio refluks terhadap laju keluaran produk pada beban reboiler bervariasi	75
Gambar A.15 Pengaruh beban reboiler terhadap laju keluaran produk pada rasio refluks bervariasi	76

INTISARI



Salah satu energi alternatif yang telah berkembang adalah biodiesel. Semakin besarnya produksi biodiesel menyebabkan gliserol yang merupakan produk samping biodiesel semakin besar jumlahnya dan semakin turun harganya. Oleh karena itu gliserol menjadi bahan yang berpotensi untuk dikembangkan salah satunya dengan eterifikasi menjadi *glycerol tertiary butyl ether* (GTBE) sehingga harga jualnya dapat ditingkatkan. Untuk mensintesis GTBE diperlukan reaktan berupa gliserol dan *isobutilen* atau *tert-butyl alcohol* (TBA). *Reactive distillation* merupakan proses yang potensial sebagai pilihan untuk mensintesis GTBE. Prinsip alat *reactive distillation* adalah menggabungkan reaktor dengan alat pemisahan sehingga produk yang diperoleh terpisah secara kontinu dan simultan dari produk samping dan sisa reaktan yang tidak diharapkan. Namun aplikasi *reactive distillation* untuk sintesis GTBE termasuk hal yang baru sehingga perlu diteliti lebih lanjut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari perubahan-perubahan berbagai variabel proses terhadap konversi, selektivitas, dan kemurnian pada proses sintesis GTBE. Untuk mencapai tujuan tersebut maka dilakukan simulasi menggunakan Aspen Plus. Sebelum melakukan simulasi, dilakukan validasi dahulu model yang dibuat sehingga dapat dikatakan valid untuk penelitian. Simulasi dilakukan untuk melihat pengaruh perubahan kondisi proses, yaitu tekanan operasi, rasio refluks, dan beban *reboiler* terhadap konversi reaktan, selektivitas, kemurnian, dan banyaknya GTBE yang dihasilkan. Jika keluaran GTBE tidak sesuai dengan standar maka diperlukan klarifikasi. Klarifikasi dilakukan untuk menentukan perubahan yang perlu dilakukan terhadap kondisi umpan dan atau kondisi proses. Klarifikasi didasarkan pada hasil simulasi perubahan kondisi proses yang telah dilakukan sebelumnya.

Hasil penelitian menunjukkan konversi dan selektivitas produk dipengaruhi oleh beban *reboiler*, rasio refluks, dan tekanan. Pada kolom dengan desain sesuai dengan validasi, konversi besar akan didapat dengan menggunakan beban *reboiler* sebesar-besarnya dan rasio refluks 0,8 sedangkan selektivitas akan optimum pada beban *reboiler* 180kW dan rasio refluks 0,8. Untuk persen kenaikan 10% dari keadaan awal, laju bottom paling berpengaruh terhadap perubahan selektivitas dan konversi. Kenaikan tekanan akan menyebabkan konversi dan selektivitas naik, namun kenaikan konversi dan selektivitas akan relatif kecil pada rentang tekanan 1bar sampai 4bar.

Kata kunci: GTBE, *reactive distillation*, kondisi proses

BAB I

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Berkembangnya teknologi mendorong kebutuhan energi terus meningkat. Energi dari bahan bakar fosil terus dikonsumsi dan dapat habis. Keadaan tersebut menyebabkan energi alternatif yang dapat diperbaharui semakin diminati banyak kalangan. Peningkatan minat secara langsung meningkatkan permintaan pasar sehingga produksi bahan bakar alternatif terus meningkat. Salah satu energi alternatif yang sudah cukup populer dan diminati adalah biodiesel.

Biodiesel dibuat dengan cara transesterifikasi trigliserida sehingga dihasilkan gliserol dan biodiesel. Trigliserida yang dipakai dapat berasal dari berbagai tanaman atau hewan sehingga biodiesel dapat dikatakan bahan bakar terbarui. Biodiesel juga menawarkan keunggulan yaitu kadar sulfur rendah dan emisi gas buang yang jauh lebih rendah dari bahan bakar fosil. Dengan demikian maka pemakaian biodiesel lebih ramah lingkungan. Namun bila dibandingkan dengan bahan bakar fosil, biodiesel memiliki kandungan energi yang lebih rendah. Selain itu penyimpanan yang terlalu lama di tempat yang tidak terlindungi dapat menyebabkan biodiesel mengental. Walaupun demikian, minat terhadap biodiesel terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini dapat dilihat dari produksi biodiesel yang terus meningkat.

Meningkatnya produksi biodiesel secara langsung meningkatkan produksi gliserol yang merupakan produk sampingnya. Gliserol memiliki harga jual cukup baik karena kegunaannya. Gliserol dapat digunakan sebagai pelembap dan biasanya ditambahkan ke produk kosmetik atau sabun. Namun jika gliserol semakin banyak dan melimpah maka harga jualnya akan semakin menurun dan lama kelamaan gliserol menjadi kurang bernilai. Hal ini sesuai dengan hukum ekonomi yang menyatakan semakin banyaknya ketersediaan barang namun tidak diimbangi dengan meningkatnya permintaan pasar yang seimbang, maka harga suatu barang menjadi semakin murah. Oleh karena itu diperlukan cara untuk meningkatkan nilai jual dari gliserol. Saat ini usaha-usaha peningkatan nilai jual gliserol telah mulai banyak dikembangkan. Salah satunya adalah dengan mengubah gliserol menjadi turunannya yang memiliki kegunaan lain contohnya *triacetin*, *1,3-propandiol*, dan *glycerol tert-butyl ether*(GTBE). (Anonim, 1963)

GTBE adalah zat yang ditambahkan ke dalam bahan bakar untuk meningkatkan nilai oktannya. Produk tersebut dapat digunakan untuk menggantikan *methyl tert-butyl ether*(MTBE) dan *ethyl ter-butyl ether*(ETBE). Selain itu GTBE lebih ramah lingkungan

dibandingkan MTBE dan ETBE. GTBE dapat dibuat dengan eterifikasi gliserol menggunakan *isobutilen* atau *tersier butil alcohol*(TBA). Produksi GBTE menggunakan TBA akan lebih banyak menghasilkan air dibanding dengan *isobutilen*. (Zimmermann, 2015)

Hasil dari reaksi pembentukan GTBE berupa campuran berbagai jenis GTBE dan produk-produk sampingnya. Untuk dapat dijual, diperlukan GTBE yang memiliki komposisi hanya d-GTBE, dan t-GTBE yang tinggi. *Reactive distillation* menawarkan alat yang memiliki dua fungsi sekaligus yaitu sebagai reaktor dan alat pemisah. Prinsip kerja alat *reactive distillation* seperti alat distilasi pada umumnya namun pada tengah kolom ditambahkan katalis. Bagian tahap yang terdapat katalis di dalamnya disebut tahap reaktif karena pada bagian tersebut reaksi terjadi.

1.2 Tema Sentral Masalah

Untuk memahami pengaruh perubahan berbagai variabel yang berhubungan dengan produksi GTBE dari gliserol dan TBA menggunakan kolom *reactive distillation* terhadap hasil GTBE maka diperlukan simulasi untuk tiap perubahan variabel-variabelnya.

1.3 Identifikasi Masalah

- a. Bagaimana pengaruh perubahan tekanan operasi terhadap konversi reaktan dan fraksi keluaran GTBE yang dihasilkan?
- b. Bagaimana pengaruh perubahan beban *reflux ratio* terhadap konversi reaktan dan fraksi keluaran GTBE yang dihasilkan?
- c. Bagaimana pengaruh perubahan beban *reboiler* terhadap *output* GTBE yang dihasilkan?

1.4 Premis-premis

- a. Eterifikasi gliserol menggunakan TBA menghasilkan GTBE (Zimmermann, 2015) (Intarachoen, 2009) (Kiatkittipong, et al., 2011)
- b. Eterifikasi gliserol menggunakan TBA menghasilkan air lebih banyak dibanding menggunakan *isobutilen*. (Intarachoen, 2009) (Kiatkittipong, et al., 2011) (Zimmermann, 2015)
- c. Adanya TBA berlebih mencegah reaksi samping (Zimmermann, 2015) (Intarachoen, 2009)
- d. Sintesis GTBE dari gliserol dan TBA (Intarachoen, 2009) (Kiatkittipong, et al., 2011) (Vlad, Bildea, & Bozga, 2013)

- e. Sintesis GTBE menggunakan kolom *reactive distillation* (Intaracharoen, 2009) (Kiatkittipong, et al., 2011)
- f. Permodelan kolom *reactive distillation* dilakukan dengan metode *Radfrac* (Intaracharoen, 2009) (Kiatkittipong, et al., 2011)
- g. Sistem *reactive distillation* untuk eterifikasi gliserol dengan TBA dapat dimodelkan terjadi kesetimbangan uap cair (Intaracharoen, 2009) (Vlad, Bildea, & Bozga, 2013) (Zimmermann, 2015)
- h. (Reaksi kesetimbangan terjadi antara glycerol, TBA, m-GTBE, d-GTBE, dan t-GTBE (Intaracharoen, 2009) (Vlad, Bildea, & Bozga, 2013) (Vlad & Bildea, 2012)
- i. Katalis yang dapat digunakan untuk eterifikasi gliserol dengan TBA adalah *Amberlyst15* (Vlad, Bildea, & Bozga, 2013) (Intaracharoen, 2009) (Kiatkittipong, et al., 2011) (Zimmermann, 2015)
- j. Metode Gani cocok untuk memodelkan konstanta kinetika kesetimbangan (Intaracharoen, 2009) (Kiatkittipong, et al., 2011)
- k. Model kinetika paling baik menggunakan model LH-A (Intaracharoen, 2009) (Kiatkittipong, et al., 2011)
- l. Konstanta kesetimbangan berdasarkan aktifitas diestimasi menggunakan metode UNIFAC (Intaracharoen, 2009) (Kiatkittipong, et al., 2011)
- m. Optimum design untuk *reactive distillation* terdiri dari 6 tahap atas dan 6 tahap reaktif (Kiatkittipong, et al., 2011)

1.5 Hipotesis Penelitian

- a. Semakin besar tekanan operasi maka semakin besar konversi dan selektivitas produk
- b. Semakin besar *reflux ratio* maka semakin murni produk GTBE yang dihasilkan
- c. Semakin besar beban *reboiler* maka semakin murni produk GTBE yang dihasilkan

1.6 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui pengaruh perubahan kondisi proses pada kolom *reactive distillation* terhadap konversi reaktan, selektivitas, dan fraksi GTBE
- b. Mengetahui pengaruh perubahan kondisi umpan pada kolom *reactive distillation* terhadap konversi reaktan, selektivitas, dan fraksi GTBE

- c. Menentukan kondisi proses yang dapat menghasilkan keluaran GTBE yang diinginkan
- d. Menentukan sensitivitas beban *reboiler*, *bottom rate*, *boilup rate*, rasio refluks, laju refluks, dan laju distilat terhadap konversi dan selektivitas untuk pertimbangan pemilihan variabel kontrol

1.7 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan hingga memperoleh pengaruh perubahan kondisi proses dan pemilihan variabel kontrol pada alat *reactive distillation* untuk sintesis GTBE dari gliserol dan TBA terhadap konversi, selektivitas, dan kemurnian GTBE.

1.8 Manfaat Penelitian

a. Bagi Industri

Manfaat bagi industri petrokimia adalah mengetahui pengaruh perubahan berbagai variabel sehingga dapat menentukan kolom *reactive distillation* yang optimum untuk mensintesis GTBE.

b. Bagi Pemerintah

Manfaat bagi pemerintah adalah untuk dapat mengetahui sistem kolom *reactive distillation* sehingga dapat melakukan pengecekan pada pabrik sintesis GTBE yang menggunakan kolom *reactive distillation*.

c. Bagi Masyarakat

Manfaat bagi masyarakat adalah dapat mengetahui informasi mengenai pengaruh berbagai variabel pada industri GTBE menggunakan kolom *reactive distillation*.

d. Bagi Peneliti

Manfaat bagi peneliti adalah wawasan mengenai *software* simulasi serta memahami cara mensimulasikan suatu proses baik secara *steady*