



STUDI DINAMIKA PROSES DISTILASI REAKTIF UNTUK SINTESIS TAME MENGUNAKAN ASPEN PLUS DYNAMIC

Laporan Penelitian

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

oleh:

Laurensius Felix (2013620052)

Pembimbing

Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.EngSc.

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



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

2017

No. Kode	: TK FEL 9/17
Tanggal	: 24 Februari 2017
No. Ind.	: 4259-FTI / Xp 33526
Divisi	: _____ 1
Media	: _____
Dari	: FTI



LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL: STUDI DINAMIKA PROSES DISTILASI REAKTIF UNTUK SINTESIS TAME MENGGUNAKAN ASPEN PLUS DYNAMIC

CATATAN

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 6 Januari 2017

Pembimbing Utama,

Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.EngSc.

Pembimbing Kedua,

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

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN



SURAT PERNYATAAN

Kami, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Laurensius Felix

NRP : 6213052

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**STUDI DINAMIKA PROSES DISTILASI REAKTIF UNTUK SINTESIS TAME
MENGUNAKAN ASPEN PLUS DYNAMIC**

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, 6 Januari 2017

Laurensius Felix
(2013620052)



LEMBAR REVISI

JUDUL: STUDI DINAMIKA PROSES DISTILASI REAKTIF UNTUK SINTESIS TAME MENGGUNAKAN ASPEN PLUS DYNAMIC

CATATAN

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 6 Januari 2017

Penguji,

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

Yansen Hartanto, S.T., M.T.



KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa karena anugerah-Nya yang luar biasa telah mengijinkan penulis menyelesaikan laporan penelitian ini dengan tepat waktu. Penelitian berjudul “Studi Dinamika Proses Distilasi Reaktif Untuk Sintesis TAME Menggunakan Aspen Plus Dynamic” ini disusun sebagai salah satu bentuk prasyarat kelulusan Jurusan Proses Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan. Penulis menyadari tanpa orang-orang yang berada di samping penulis, laporan penelitian ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. I Gede Pandega W, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan laporan penelitian.
2. Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.EngSc., selaku dosen co-pembimbing yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan laporan penelitian.
3. Orang tua yang sangat penulis banggakan dan sayangi, yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan laporan penelitian.
4. Teman-teman penulis yang telah memberikan semangat, dukungan dan bantuan kepada penulis.
5. Serta semua pihak yang ikut membantu penulis dalam proses penyusunan laporan penelitian.

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

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

Bandung, 6 Januari 2017

Penulis



DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SIMBOL.....	xi
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
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.....	3
1.8 Tujuan Penelitian.....	4
1.8.1 Bagi Industri.....	4
1.8.2 Bagi Pemerintah.....	4
1.8.3 Bagi Masyarakat.....	4
1.8.4 Bagi Peneliti.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tersier Amil Metil Eter (TAME).....	5
2.1.1 Sifat TAME.....	6
2.1.2 Reaksi Sintesis TAME.....	8
2.1.3 Katalis dan Kinetika Reaksi TAME.....	8
2.1.4 Model Termodinamika.....	10
2.2 Metanol.....	11
2.3 2-Metil-1-Butena.....	12
2.4 2-Metil-2-Butena.....	13

2.5 <i>n</i> -Pentana	14
2.6 <i>i</i> -Pentana	15
2.7 1-Pentena	16
2.8 <i>trans</i> -2-Pentena.....	17
2.9 Kolom <i>Reactive Distillation</i>	18
2.10 Transfer Massa dan Energi.....	20
2.11 Fenomena	23
2.12 Metode <i>Radfrac</i>	25
2.13 Fungsi Alih.....	30
2.14 Black Box Model.....	31
2.15 Review Literatur	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	36
3.1 Jenis Penelitian	36
3.2 Waktu Penelitian	36
3.3 Software Penelitian.....	36
3.4 Prosedur Simulasi dan Validasi.....	36
3.4.1 Simulasi <i>Steady State</i>	37
3.4.2 Simulasi Dinamis.....	40
3.4.3 Penentuan Fungsi Alih	41
3.5 Logika Berfikir	41
3.6 Jangka Waktu Penelitian	42
BAB IV PEMBAHASAN.....	44
4.1 Simulasi <i>Steady State</i>	44
4.2 Simulasi Dinamik	45
4.3 Penentuan Model Fungsi Alih	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur molekul TAME	5
Gambar 2.2 <i>Guidelines</i> pemilihan model termodinamika.....	10
Gambar 2.3 Struktur molekul metanol.....	11
Gambar 2.4 Struktur molekul 2-metil-1-butena.....	12
Gambar 2.5 Struktur molekul 2-metil-2-butena.....	13
Gambar 2.6 Struktur molekul <i>n</i> -pentana.....	14
Gambar 2.7 Struktur molekul <i>i</i> -pentana.....	15
Gambar 2.8 Struktur molekul 1-pentena.....	16
Gambar 2.9 Struktur molekul <i>trans</i> -2-pentena.....	17
Gambar 2.10 Contoh unit <i>reactive distillation</i>	19
Gambar 2.11 Laju alir dan komposisi kolom <i>rectifying</i> dan <i>stripping</i>	22
Gambar 2.12 Skema kolom reaktif.....	22
Gambar 2.13 Mekanisme flooding.....	24
Gambar 2.14 Diagram fenomena.....	25
Gambar 2.15 Profil komposisi tiap tahap.....	35
Gambar 3.1 Rangkaian alat simulasi steady state.....	37
Gambar 3.2 Profil komposisi setiap tahap.....	40
Gambar 3.3 Desain kolom <i>reactive distillation</i>	40
Gambar 4.1 Profil komposisi setiap tahap hasil simulasi.....	44
Gambar 4.2 Profil komposisi setiap tahap literatur.....	44
Gambar 4.3 Program <i>task qreb</i>	45
Gambar 4.4 Program <i>task refluks</i>	46
Gambar 4.5 Profil sistem qreb – kemurnian (<i>step down</i>).....	46
Gambar 4.6 Profil sistem qreb – kemurnian (<i>step up</i>).....	47
Gambar 4.7 Profil sistem qreb – fraksi MeOH (<i>step down</i>).....	47
Gambar 4.8 Profil sistem qreb – fraksi MeOH (<i>step up</i>).....	47
Gambar 4.9 <i>Step down input Q</i> reboiler.....	48
Gambar 4.10 <i>Step up input Q</i> reboiler.....	48
Gambar 4.11 Profil sistem refluks – kemurnian (<i>step down</i>).....	48
Gambar 4.12 Profil sistem refluks – kemurnian (<i>step up</i>).....	49
Gambar 4.13 Profil sistem qreb – fraksi MeOH (<i>step down</i>).....	49
Gambar 4.14 Profil sistem qreb – fraksi MeOH (<i>step up</i>).....	49

Gambar 4.15 <i>Step down input</i> refluks	50
Gambar 4.16 <i>Step up input</i> refluks.....	50
Gambar 4.17 Fungsi alih FOPDT	51
Gambar 4.18 Fungsi alih SOPDT	52
Gambar 4.19 Fungsi alih SOPDT lead.....	52
Gambar 4.20 Fungsi alih SOPDT underdamped.....	52
Gambar 4.21 SOPDT-Lead sistem qreb – kemurnian (<i>step down</i>).....	56
Gambar 4.22 SOPDT-Lead sistem qreb – kemurnian (<i>step up</i>).....	56
Gambar 4.23 SOPDT sistem qreb - fraksi MeOH (<i>step down</i>).....	57
Gambar 4.24 SOPDT sistem qreb - fraksi MeOH (<i>step up</i>)	57
Gambar 4.25 FOPDT sistem refluks – kemurnian (<i>step down</i>)	58
Gambar 4.26 FOPDT sistem refluks – kemurnian (<i>step up</i>).....	58
Gambar 4.27 SOPDT-Lead sistem refluks – fraksi MeOH (<i>step down</i>).....	59
Gambar 4.28 SOPDT-Lead sistem refluks – fraksi MeOH (<i>step up</i>).....	59



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat fisik, kimia, dan termal dari TAME.....	6
Tabel 2.2 Parameter E_a dan k	9
Tabel 2.3 Sifat fisik metanol	11
Tabel 2.4 Sifat fisik 2-metil-1-butena	12
Tabel 2.5 Sifat fisik 2-metil-2-butena	14
Tabel 2.6 Sifat fisik <i>n</i> -pentana	15
Tabel 2.7 Sifat fisik <i>i</i> -pentana	16
Tabel 2.8 Sifat fisik 1-pentena	16
Tabel 2.9 Sifat fisik <i>trans</i> -2-pentena.....	17
Tabel 2.10 Metode <i>overall convergence</i>	26
Tabel 2.11 Algoritma konvergen	27
Tabel 2.12 Metode inisialisasi.....	27
Tabel 2.13 Faktor weighting	28
Tabel 2.14 Metode konvergen <i>inside-loop</i>	28
Tabel 2.15 Model fungsi alih	30
Tabel 2.16 Metode black box orde satu	31
Tabel 2.17 Metode black box orde dua	33
Tabel 2.18 Komposisi dan temperatur aliran umpan	34
Tabel 3.1 Data validasi.....	38
Tabel 3.2 Spesifikasi kolom <i>reactive distillation</i>	39
Tabel 3.3 Rencana kerja penelitian	43
Tabel 4.1 Model fungsi alih	51
Tabel 4.2 Sistem qreb – kemurnian (<i>step down</i>).....	53
Tabel 4.3 Sistem qreb – kemurnian (<i>step up</i>).....	53
Tabel 4.4 Sistem qreb – fraksi MeOH (<i>step down</i>).....	53
Tabel 4.5 Sistem qreb – fraksi MeOH (<i>step up</i>).....	54
Tabel 4.6 Sistem refluks – kemurnian (<i>step down</i>).....	54
Tabel 4.7 Sistem refluks – kemurnian (<i>step up</i>).....	54
Tabel 4.8 Sistem refluks – fraksi MeOH (<i>step down</i>).....	55
Tabel 4.9 Sistem refluks – fraksi MeOH (<i>step up</i>).....	55
Tabel 4.10 Persamaan fungsi alih proses <i>step down</i>	60
Tabel 4.11 Persamaan fungsi alih proses <i>step up</i>	60

DAFTAR SIMBOL



- A = Konstanta Arrhenius
- B = Laju alir produk bawah
- D = Laju alir distilat
- E = Energi aktivasi
- $F_{i,j}$ = Laju alir molar umpan komponen i pada *tray j*
- f_i^L = Fugasitas fasa cair komponen i
- f_i^{OL} = Fugasitas keadaan standar cairan murni
- f_i^V = Fugasitas fasa uap komponen i
- G = Nilai desain yang diinginkan
- \hat{G} = Nilai desain yang dikalkulasi
- G^* = Faktor *scaling*
- $G(s)$ = Fungsi alih domain s
- H_j^I = Entalpi fasa uap keluaran *tray j*
- H_j^{II} = Entalpi fasa cair keluaran *tray j*
- H_{F_j} = Entalpi umpan pada *tray j*
- K = *Process gain*
- K_i = Koefisien distribusi
- L_n = Laju alir cairan kolom *rectifying*
- M = Perubahan input *step*
- m = Angka spesifikasi desain
- $n_{i,j}^I$ = Laju alir molar fasa uap komponen i meninggalkan *tray j*
- $n_{i,j}^{II}$ = Laju alir molar fasa cair komponen i meninggalkan *tray j*
- nr = Jumlah reaksi yang terjadi pada *tray j*
- P_i^o = Tekanan uap komponen murni
- Q_j = Kalor yang dipasok pada *tray j*
- R = Konstanta gas
- T = Temperatur

- $V_{i,k}$ = Koefisien stokiometri komponen i pada reaksi k
- V_n' = Laju alir uap kolom *stripping*
- v_i^L = Volume molar cairan
- W = Faktor *weighting*
- x_D = Fraksi komponen pada distilat
- x_i = Konsentrasi komponen i fasa cair
- x_n = Fraksi cair *tray n*
- x_{n+1} = Fraksi cair *tray n+1*
- Y = *Output* proses
- y_B = Fraksi komponen pada produk bawah
- y_i = Konsentrasi komponen i fasa uap
- y_n = Fraksi uap *tray n*
- y_{n+1} = Fraksi uap *tray n+1*
-
- γ_i = Koefisien aktivitas fasa cair
- ζ = *Damping factor*
- θ = *Time delay*
- $\xi_{k,j}$ = Persamaan kinetika reaksi i pada *tray j*
- τ = *Time constant*
- Φ = Jumlah kuadrat *weighted*
- ϕ = Koefisien fugasitas fasa uap
- ϕ_i^s = Koefisien fugasitas komponen murni saat jenuh

INTISARI



Reactive distillation merupakan salah satu pengembangan unit distilasi yang menggabungkan proses pemisahan dan proses reaksi dalam satu unit. Proses sintesis TAME (tersier amil metil eter) dengan reaksi eterifikasi umum dilakukan dengan menggunakan *reactive distillation*. Tujuan penelitian adalah mempelajari fungsi alih yang sesuai dengan proses yang berlangsung agar dapat diberikan kontrol yang tepat. Manfaat dari mempelajari fungsi alih tersebut adalah untuk mengetahui apakah sifat dinamis tersebut sensitif, responsif, dan non-linear.

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi dari proses reaksi sintesis TAME. Literatur yang digunakan adalah yang memiliki data kinetika dari reaksi sintesis serta spesifikasi desain dari kolom *reactive distillation*. Dari data yang tersedia dari literatur lalu di simulasikan menggunakan Aspen Plus V8.8 dan dicocokkan dengan data validasi. Setelah cocok lalu perubahan diberikan dalam proses simulasi sehingga diperoleh profil *output* dan *input* terhadap waktu. Kemudian model-model dari setiap fungsi alih untuk berbagai sistem dilakukan *fitting* terhadap data *output* dan *input* setiap waktu sehingga diperoleh model proses yang paling sesuai dengan tingkat kecocokan (R^2) mendekati 1.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dengan perubahan beban reboiler dan output kemurnian produk bawah cocok dengan fungsi alih SOPDT dengan *lead time*. Sistem dengan perubahan beban reboiler dan output fraksi mol metanol pada distilat cocok dengan fungsi alih SOPDT. Sistem dengan perubahan refluks dan output kemurnian produk bawah cocok dengan fungsi alih FOPDT. Sistem dengan perubahan refluks dan output fraksi mol metanol pada distilat cocok dengan fungsi alih SOPDT dengan *lead time*.

Kata kunci: TAME, *reactive distillation*, fungsi alih, perubahan, *output*



ABSTRACT

Reactive distillation is a distillation unit, which combines separation process and reaction process in a single unit. The process of synthesis of TAME (tertiary amyl methyl ether) with etherification reaction generally done by using reactive distillation. The research objective was to study the transfer function in accordance with the ongoing process in order to be given the proper controls. Benefits of studying the transfer function is to determine whether the dynamic nature are sensitive, responsive, and non-linear.

The research began with a study of TAME synthesis reaction. The literature used are the kinetics of the reaction synthesis of data and design specifications of the reactive distillation column. Data from the literature then simulated using Aspen Plus V8.8 and verified with the data validation. After that, the process given the disruption in the simulation process to obtain input and output profiles against time. Later, models from each of the transfer function for various systems do fitting to the data output and input every time in order to obtain a process model that best suits the degree of fit (R^2) close to 1.

The results showed that the system load changes reboiler and output bottom product purity matches the transfer function SOPDT with lead time. Systems with reboiler and output mole fraction of methanol in the distillate match transfer function SOPDT. Systems with changes reflux and output bottom product purity matches transfer function FOPDT. Systems with reflux and output mole fraction of methanol in the distillate matches the transfer function SOPDT with lead time.

Keywords: TAME, reactive distillation, the transfer function, changes, output

BAB I

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Bensin adalah sumber daya yang penting bagi masyarakat, karena manfaatnya sebagai bahan bakar dari alat-alat transportasi. Bensin yang terbakar secara tidak sempurna akan menghasilkan produk-produk samping yang berbahaya dan dapat mencemari lingkungan. Oleh karena itu membuat bensin yang ramah lingkungan atau *ecofriendly* sehingga dapat dikatakan sebagai *clean fuel* telah menjadi tren saat ini [1]. Bensin yang ramah lingkungan dapat dikatakan sebagai bensin yang berkualitas, karena bensin tersebut pasti akan terbakar secara sempurna tanpa menghasilkan produk samping yang berbahaya.

Kualitas bensin pada umumnya di ukur lewat bilangan oktan meski adapula tolak ukur lain yang dapat digunakan untuk mengukur kualitas bensin. Semakin besar bilangan oktan suatu bensin maka kualitasnya akan semakin tinggi. Bensin yang berkualitas tinggi artinya kemungkinan terjadinya *knocking* semakin kecil. *Knocking* menunjukkan bahwa ada bahan bakar yang terbakar secara tidak sempurna dan menghasilkan gas pencemar yang berbahaya seperti karbon monoksida. Nilai standar bilangan oktan minimum yang harus dipenuhi pada umumnya adalah 95, sedangkan pada daerah Eropa bilangan oktan minimumnya adalah 98 [2].

Guna meningkatkan bilangan oktan pada bahan bakar khususnya bensin dapat digunakan bahan aditif yang dapat menekan *knocking* sehingga bensin dapat terbakar secara sempurna. Bahan aditif yang umum digunakan antara lain MTBE, TAME, dan TEL [2]. Bahan aditif yang paling umum digunakan untuk meningkatkan bilangan oktan dari bensin adalah metil tersier butil eter (MTBE). MTBE dipilih karena keekonomisan dan ketersediaan bahan bakunya. Namun MTBE dapat menjadi bahan pencemar air karena tingkat solubilitasnya yang tinggi terhadap air. TAME memiliki tingkat solubilitas yang rendah terhadap air, sehingga TAME dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti MTBE [3].

TAME umumnya disintesis menggunakan unit reaktor kolom *reactive distillation*. Dalam proses sintesisnya secara nyata tidak akan pernah dalam keadaan *steady* secara terus menerus tetapi akan beroperasi dalam keadaan dinamik. Keadaan dinamik dianggap lebih cocok karena kemungkinan-kemungkinan yang dapat terjadi sewaktu-waktu yang dapat mengganggu proses. Oleh sebab itu, kolom *reactive distillation* dalam mensintesis TAME perlu dipahami proses dinamikanya serta model dinamika yang sesuai perlu juga untuk dimodelkan. Dengan mempelajari sistem dinamika dan memodelkan sistem dinamikanya maka proses dapat diketahui apakah bersifat sensitif, responsif, dan non-linear.

1.2 Tema Sentral Masalah

Untuk memahami proses dinamika dari kolom *reactive distillation* pada proses sintesis TAME maka perlu dilakukan studi dinamika dan penyusunan model fungsi alih dari proses.

1.3 Identifikasi Masalah

- Bagaimana fungsi alih yang menghubungkan perubahan beban boiler dengan *output* fraksi metanol pada distilat?
- Bagaimana fungsi alih yang menghubungkan perubahan beban boiler dengan *output* kemurnian produk bawah?
- Bagaimana fungsi alih yang menghubungkan perubahan rasio refluks dengan *output* fraksi metanol pada distilat?
- Bagaimana fungsi alih yang menghubungkan perubahan rasio refluks dengan *output* kemurnian produk bawah?

1.4 Premis-Premis

- Pemodelan digunakan dengan metode *Radfrac* [4-6].
- Sistem kesetimbangan merupakan sistem VLE [4, 5, 7, 8].
- Komponen inert pada campuran umpan adalah *n*-pentana, *i*-pentana, 1-pentena, dan *trans*-2-pentena [4, 5, 9].

- Reaksi kesetimbangan terjadi antara 2M1B, 2M2B, metanol, dan TAME [3-6, 10, 11].
- Reaksi sintesis TAME menggunakan kolom *reactive distillation* [4, 5, 8, 12, 13].

1.5 Hipotesis Penelitian

- Dinamika proses kolom *reactive distillation* untuk sintesis TAME mengikuti sistem orde tinggi yang didekatkan orde satu dengan waktu tunda (FOPDT)

1.6 Tujuan Penelitian

- Mengetahui fungsi alih yang menghubungkan beban boiler dengan fraksi metanol pada distilat.
- Mengetahui fungsi alih yang menghubungkan beban boiler dengan kemurnian produk bawah.
- Mengetahui fungsi alih yang menghubungkan rasio refluks dengan fraksi metanol pada distilat.
- Mengetahui fungsi alih yang menghubungkan rasio refluks dengan kemurnian produk bawah.
- Membandingkan hasil desain kolom *reactive distillation* untuk sintesis TAME dengan literatur

1.7 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah penentuan model fungsi alih antara input (beban boiler dan rasio refluks) dengan output (fraksi metanol pada distilat dan kemurnian produk bawah).

1.8 Tujuan Penelitian

1.8.1 Bagi Industri

Manfaat bagi industri petrokimia adalah mengetahui parameter-parameter kontrol untuk mengontrol dinamika kolom *reactive distillation* untuk mensintesis TAME.

1.8.2 Bagi Pemerintah

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

1.8.3 Bagi Masyarakat

Manfaat bagi masyarakat adalah dapat mengetahui mengenai informasi mengenai kontrol yang dilakukan dalam industri pada unit kolom *reactive distillation* untuk mensintesis TAME.

1.8.4 Bagi Peneliti

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