



**STUDI DINAMIKA PROSES KOLOM DISTILASI  
REAKTIF PADA PRODUKSI 2-ETHYLHEXYL  
DODECANOATE MENGGUNAKAN ASPEN  
DYNAMICS**

**Laporan Penelitian**

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

Oleh :

**Philander (2013620089)**

Pembimbing :

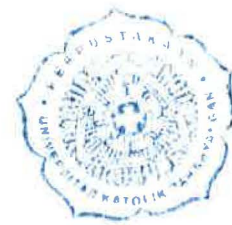
**Dr. Tedi Hudaya, S.T., M.EngSc.**

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



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

No. Kode	: TK PHI 5/19
Tanggal	: 27 Februari 2017 2017
No. Ind	: 4262-FTI /SKP 335 29
Divisi	: 1
Head	: FTI
Dept	: FTI



## LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL:** STUDI DINAMIKA PROSES KOLOM DISTILASI REAKTIF PADA PRODUKSI *2-ETHYLHEXYL DODECANOATE* MENGGUNAKAN ASPEN DYNAMICS

CATATAN

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 6 Januari 2017

Pembimbing Utama,

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

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 : Philander

NRP : 6213089

Dengan ini menyatakan bahwa proposal penelitian dengan judul :

**STUDI DINAMIKA PROSES KOLOM DISTILASI REAKTIF PADA PRODUKSI 2-ETHYLHEXYL DODECANOATE 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 , 6 Januari 2017

Philander  
(6213089)



## LEMBAR REVISI

**JUDUL:** STUDI DINAMIKA PROSES KOLOM DISTILASI REAKTIF PADA PRODUKSI *2-ETHYLHEXYL DODECANOATE* MENGGUNAKAN ASPEN DYNAMICS

CATATAN

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 6 Januari 2017

Penguji,

**Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno, M.Eng.**

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



## 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 *2-ethylhexyl dodecanoate* Menggunakan Aspen Dynamics” sebagai salah satu syarat kelulusan di jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung penulis dalam penyelesaian proposal penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung, yaitu:

1. Bapak I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T. serta Bapak Tedi Hudaya, S.T., M.EngSc selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam menyusun proposal penelitian ini.
2. Orangtua penulis yang selalu memperhatikan dan memberikan dukungan kepada penulis.
3. Teman-teman seperjuangan penulis yang telah memberikan saran dan dukungan kepada penulis.
4. Seluruh pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Seperti kata pepatah “tak ada gading yang tak retak”, penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala kritik, saran, dan masukan yang membangun sangat diharapkan dan diterima oleh penulis sebagai bahan perbaikan untuk penulisan yang berikutnya.

Akhir kata, penulis berharap semoga proposal penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Atas perhatiannya, penulis mengucapkan terima kasih.

Bandung, 6 Januari 2017

Penulis

# DAFTAR ISI



HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR ISTILAH.....	xvii
INTISARI .....	xix
ABSTRACT .....	xx
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Tema Sentral Masalah .....	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	2
1.4 Hipotesis .....	3
1.5 Premis .....	3
1.6 Batasan Masalah .....	3
1.7 Tujuan Penelitian .....	4
1.8 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Esterifikasi .....	5
2.2 <i>Chemical Substances</i> .....	5
2.2.1 <i>2-ethylhexyl Dodecanoate</i> .....	5
2.2.2 Asam Dodekanoat .....	6
2.2.3 <i>2-ethyl-1-hexanol</i> .....	7
2.3 Katalis .....	8
2.3.1 <i>Sulphated Zirconia (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/ZrO<sub>2</sub>)</i> .....	9
2.3.2 Mekanisme Katalis <i>Sulphated Zirconia (SZ)</i> .....	10
2.4 Distilasi .....	12
2.4.1 Keseimbangan Fasa.....	12
2.4.2 Volatilitas Relatif .....	13

2.4.3 <i>Distillation Equipment</i> .....	13
2.4.4 Persamaan Neraca pada Kolom Distilasi .....	15
2.4.5 Fenomena Dalam Kolom Distilasi .....	17
2.5 Intensifikasi Proses .....	18
2.5.1 <i>Reactive Distillation (RD)</i> .....	19
2.6 Tinjauan Metode Termodinamika .....	22
2.6.1 UNIQUAC .....	24
2.7 Dinamika Proses .....	25
2.8 Metode Penentuan Parameter Fungsi Alih .....	26
2.9 Parameter Laju Reaksi .....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Studi Literatur .....	31
3.2 Simulasi dan Validasi Sistem ( <i>steady state</i> ).....	33
3.3 Studi Dinamika .....	35
3.4 Pencarian Nilai Parameter Fungsi Alih .....	36
3.4 Rencana Kerja Penelitian.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Hasil validasi <i>Steady State</i> .....	42
4.2. Simulasi Dinamis .....	44
4.3 Hasil pencarian parameter fungsi alih. ....	51
4.3.1 Parameter fungsi alih perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan <i>reboiler duty</i> .....	52
4.3.2 Parameter fungsi alih perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>reboiler duty</i> . ....	54
4.3.3 Parameter fungsi alih perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol</i> .....	56
4.3.4 Parameter fungsi alih perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol</i> . ....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	64
5.1 Kesimpulan .....	64
5.2 Saran .....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN A GAMBAR.....	68
A.1. Simulasi <i>Steady State</i> Aspen Plus.....	68
A.2. Simulasi Aspen Dynamics .....	75







## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mekanisme katalis <i>sulphated zirconia</i> dalam reaksi esterifikasi.....	10
Gambar 2.2. Grafik laju reaksi esterifikasi terhadap konsentrasi n-butanol. ....	11
Gambar 2.3. Mekanisme katalis <i>sulphated zirconia</i> dalam reaksi esterifikasi (LH-model). .....	11
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. ....	13
Gambar 2.5. Kolom distilasi dengan refluks. ....	15
Gambar 2.6. <i>Tray</i> pada kolom distilasi. ....	16
Gambar 2.7. Karakteristik operasi pada <i>tray</i> . ....	18
Gambar 2.8. <i>Reactive tray</i> . ....	19
Gambar 2.9. Jenis-jenis wadah katalis pada kolom RD. ....	21
Gambar 2.10. Desain kolom distilasi dengan reaksi pada reaksi esterifikasi <i>dodecanoic acid</i> dengan <i>2-ethylhexanol</i> menggunakan katalis <i>sulphated zirconia</i> . ....	22
Gambar 2.11. Diagram alir penentuan model termodinamika. ....	23
Gambar 2.12. Respon untuk sistem berorde satu. ....	27
Gambar 2.13. Respon untuk sistem <i>first order plus time delay</i> . ....	27
Gambar 2.14. Grafik hubungan $t_{20}$ , $t_{60}$ , $\tau$ dan $\xi$ (metode Smith).....	28
Gambar 3.1. Profil perubahan fraksi mol setiap zat pada setiap <i>tray</i> . ....	33
Gambar 3.2. Kolom distilasi dengan reaksi (RadFrac). ....	34
Gambar 3.3. <i>Decanter</i> . ....	34
Gambar 3.4. Diagram proses penelitian. ....	34
Gambar 3.5. Diagram alir penelitian. ....	40
Gambar 4.1. Diagram alir distilasi reaktif. ....	42
Gambar 4.2. <i>Input</i> reaksi kinetika pada kolom distilasi reaktif. ....	43
Gambar 4.3. Fraksi mol semua komponen setiap tahap pada Aspen dan literatur. ....	44
Gambar 4.4. <i>Coding Task</i> pada Aspen Dynamics. ....	45
Gambar 4.5. Kurva perubahan nilai <i>reboiler duty</i> dengan kenaikan sebesar 5% terhadap waktu untuk simulasi respon fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> dan laju alir <i>bottom</i> . ....	46
Gambar 4.7. Kurva respon perubahan laju alir <i>bottom</i> terhadap kenaikan nilai <i>reboiler duty</i> . ....	46
Gambar 4.8. Kurva perubahan nilai <i>reboiler duty</i> dengan penurunan sebesar 5% terhadap waktu untuk simulasi respon fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> dan laju alir <i>bottom</i> . ....	47
Gambar 4.10. Kurva respon perubahan laju alir <i>bottom</i> terhadap penurunan nilai <i>reboiler duty</i> . ....	47

Gambar 4.11. Kurva perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol</i> dengan kenaikan sebesar 5% terhadap waktu untuk simulasi respon fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> dan laju alir <i>bottom</i> . .....	49
Gambar 4.12. Kurva respon perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> terhadap kenaikan laju alir <i>2-ethylhexanol</i> . .....	49
Gambar 4.13. Kurva respon perubahan laju alir <i>bottom</i> terhadap kenaikan laju alir <i>2-ethylhexanol</i> . .....	49
Gambar 4.14. Kurva perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol</i> dengan penurunan sebesar 5% terhadap waktu untuk simulasi respon fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> dan laju alir <i>bottom</i> . .....	50
Gambar 4.15. Kurva respon perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> terhadap penurunan laju alir <i>2-ethylhexanol</i> . .....	50
Gambar 4.16. Kurva respon perubahan laju alir <i>bottom</i> terhadap penurunan laju alir <i>2-ethylhexanol</i> . .....	50
Gambar 4.17. Kurva <i>fitting</i> perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat kenaikan nilai <i>reboiler duty</i> (SOPDT dengan <i>Lead Time</i> ) .....	53
Gambar 4.18. Kurva <i>fitting</i> perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat penurunan nilai <i>reboiler duty</i> (SOPDT dengan <i>Lead Time</i> ) .....	54
Gambar 4.19. Kurva <i>fitting</i> perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat kenaikan nilai <i>reboiler duty</i> (SOPDT dengan <i>Lead Time</i> ) .....	56
Gambar 4.20. Kurva <i>fitting</i> perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat penurunan nilai <i>reboiler duty</i> (SOPDT dengan <i>Lead Time</i> ) .....	56
Gambar 4.21. Kurva <i>fitting</i> perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat kenaikan laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (FOPDT). .....	58
Gambar 4.22. Kurva <i>fitting</i> perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT <i>underdamped</i> ). .....	59
Gambar 4.23. Kurva <i>fitting</i> perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat kenaikan laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT <i>underdamped</i> ). .....	61
Gambar 4.24. Kurva <i>fitting</i> perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat penurunan laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT <i>underdamped</i> ). .....	61
Gambar A.1. Zat kimia yang digunakan pada simulasi. .....	68
Gambar A.2. <i>Input</i> zat kimia pada Aspen Plus V8.8. .....	68
Gambar A.3. Pemilihan metode termodinamika. .....	69
Gambar A.4. Diagram blok kolom distilasi reaktif. .....	69
Gambar A.5. Spesifikasi kolom distilasi reaktif yang digunakan. .....	70
Gambar A.6. Jumlah tahap pada kolom distilasi reaktif. .....	70
Gambar A.7. <i>Input</i> data alur umpan ( <i>stream 1</i> ). .....	71
Gambar A.8. <i>Input</i> data alur umpan ( <i>stream 2</i> ). .....	71

Gambar A.9. <i>Input data alur daur ulang (stream S1).</i> .....	72
Gambar A.10. <i>Reaksi yang terjadi dalam kolom distilasi reaktif.</i> .....	72
Gambar A.11. <i>Input data reaksi maju yang bukan terjadi pada katalis.</i> .....	73
Gambar A.12. <i>Input data reaksi maju yang terjadi di katalis.</i> .....	73
Gambar A.13. <i>Input data reaksi mundur yang bukan terjadi di katalis.</i> .....	74
Gambar A.14. <i>Input data reaksi mundur yang terjadi di katalis.</i> .....	74
Gambar A.15. <i>Diagram blok kolom distilasi reaktif pada Aspen Dynamics V8.8.</i> .....	75
Gambar A.16. <i>Coding task perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat dan perubahan laju bottom perubahan reboiler duty (step up).</i> .....	75
Gambar A.17. <i>Coding task perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate dan perubahan laju bottom akibat perubahan reboiler duty (step down).</i> .....	76
Gambar A.18. <i>Coding task perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate dan perubahan laju bottom akibat perubahan laju 2-ethylhexanol (step up).</i> .....	76
Gambar A.19. <i>Coding task perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate dan perubahan laju bottom akibat perubahan laju 2-ethylhexanol (step down).</i> .....	76
Gambar A.20. <i>Input data pada Control Station.</i> .....	77
Gambar A.21. <i>Pemilihan model pada Control Station.</i> .....	77
Gambar A.22. <i>Curve fitting pada Control Station.</i> .....	77
Gambar A.23. <i>Parameter dinamik perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan reboiler duty (step up) model FOPDT.</i> .....	78
Gambar A.24. <i>Parameter dinamik perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan reboiler duty (step up) model SOPDT underdamped.</i> .....	78
Gambar A.25. <i>Parameter dinamik perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan reboiler duty (step up) model SOPDT overdamped.</i> .....	78
Gambar A.26. <i>Parameter dinamik perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan reboiler duty (step up) model SOPDT dengan Lead Time (overdamped).</i> .....	79
Gambar A.27. <i>Parameter dinamik perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan reboiler duty (step down) model FOPDT.</i> .....	79
Gambar A.28. <i>Parameter dinamik perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan reboiler duty (step down) model SOPDT underdamped.</i> .....	79
Gambar A.29. <i>Parameter dinamik perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan reboiler duty (step down) model SOPDT overdamped.</i> .....	80
Gambar A.30. <i>Parameter dinamik perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan reboiler duty (step down) model SOPDT dengan Lead Time (overdamped).</i> ...	80
Gambar A.31. <i>Parameter dinamik perubahan laju alir bottom akibat perubahan reboiler duty (step up) model FOPDT.</i> .....	80
Gambar A.32. <i>Parameter dinamik perubahan laju alir bottom akibat perubahan reboiler duty (step up) model SOPDT underdamped.</i> .....	81

Gambar A.33. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>reboiler duty (step up)</i> model SOPDT <i>overdamped</i> .....	81
Gambar A.34. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>reboiler duty (step up)</i> model SOPDT dengan <i>Lead Time (overdamped)</i> . ....	81
Gambar A.35. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>reboiler duty (step down)</i> model FOPDT.....	82
Gambar A.36. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>reboiler duty (step down)</i> model SOPDT <i>underdamped</i> .....	82
Gambar A.37. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>reboiler duty (step down)</i> model SOPDT <i>overdamped</i> .....	82
Gambar A.38. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>reboiler duty (step down)</i> model SOPDT dengan <i>Lead Time (overdamped)</i> .....	83
Gambar A.39. Parameter dinamik perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol (step up)</i> model FOPDT.....	83
Gambar A.40. Parameter dinamik perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol (step up)</i> model SOPDT <i>underdamped</i> .....	83
Gambar A.41. Parameter dinamik perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol (step up)</i> model SOPDT <i>overdamped</i> .....	84
Gambar A.42. Parameter dinamik perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol (step up)</i> model SOPDT dengan <i>Lead Time (overdamped)</i> .....	84
Gambar A.43. Parameter dinamik perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol (step down)</i> model FOPDT.....	84
Gambar A.44. Parameter dinamik perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol (step down)</i> model SOPDT <i>underdamped</i> .....	85
Gambar A.45. Parameter dinamik perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol (step down)</i> model SOPDT <i>overdamped</i> .....	85
Gambar A.46. Parameter dinamik perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan laju alir <i>2-ethylhexanol (step down)</i> model SOPDT dengan <i>Lead Time (overdamped)</i> .....	85
Gambar A.47. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat laju alir <i>2-ethylhexanol (step up)</i> model FOPDT. ....	86
Gambar A.48. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat laju alir <i>2-ethylhexanol (step up)</i> model SOPDT <i>underdamped</i> . ....	86
Gambar A.49. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat laju alir <i>2-ethylhexanol (step up)</i> model SOPDT <i>overdamped</i> .....	86
Gambar A.50. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat laju alir <i>2-ethylhexanol (step up)</i> model SOPDT dengan <i>Lead Time (overdamped)</i> . ....	87
Gambar A.51. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat laju alir <i>2-ethylhexanol (step down)</i> model FOPDT.....	87

Gambar A.52. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat laju alir 2-ethylhexanol ( <i>step down</i> ) model SOPDT <i>underdamped</i> .....	87
Gambar A.53. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat laju alir 2-ethylhexanol ( <i>step down</i> ) model SOPDT <i>overdamped</i> .....	88
Gambar A.54. Parameter dinamik perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat laju alir 2-ethylhexanol ( <i>step down</i> ) model SOPDT dengan <i>Lead Time (overdamped)</i> .....	88
Gambar B.1. Fraksi mol semua komponen setiap tahap hasil simulasi <i>steady state</i> Aspen Plus.....	89
Gambar B.2. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan <i>step up</i> <i>reboiler duty</i> (FOPDT).....	89
Gambar B.3. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan <i>reboiler duty</i> percobaan 1 (SOPDT <i>underdamped</i> ).....	90
Gambar B.4. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan <i>step up</i> <i>reboiler duty</i> (SOPDT <i>overdamped</i> ).....	90
Gambar B.5. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan <i>step up</i> <i>reboiler duty</i> (SOPDT dengan <i>Lead Time (overdamped)</i> ).....	91
Gambar B.6. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan <i>step down</i> <i>reboiler duty</i> (FOPDT).....	91
Gambar B.7. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan <i>step down</i> <i>reboiler duty</i> (SOPDT <i>underdamped</i> ).....	92
Gambar B.8. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan <i>step down</i> <i>reboiler duty</i> (SOPDT <i>overdamped</i> ).....	92
Gambar B.9. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi 2-ethylhexyl dodecanoate akibat perubahan <i>step down</i> <i>reboiler duty</i> (SOPDT dengan <i>Lead Time (overdamped)</i> ).....	93
Gambar B.10. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step up</i> <i>reboiler duty</i> (FOPDT).....	93
Gambar B.11. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step up</i> <i>reboiler duty</i> (SOPDT <i>underdamped</i> ).....	94
Gambar B.12. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step up</i> <i>reboiler duty</i> (SOPDT <i>overdamped</i> ).....	94
Gambar B.13. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step up</i> <i>reboiler duty</i> (SOPDT dengan <i>Lead Time (overdamped)</i> ).....	95
Gambar B.14. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step down</i> <i>reboiler duty</i> (FOPDT).....	95
Gambar B.15. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step down</i> <i>reboiler duty</i> (SOPDT <i>underdamped</i> ).....	96
Gambar B.16. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step down</i> <i>reboiler duty</i> (SOPDT <i>overdamped</i> ).....	96

Gambar B.17. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step down</i> <i>reboiler duty</i> (SOPDT dengan <i>Lead Time</i> ( <i>overdamped</i> )).	97
Gambar B.18. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan <i>step up</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (FOPDT).	97
Gambar B.19. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan <i>step up</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT <i>underdamped</i> ).	98
Gambar B.20. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan <i>step up</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT <i>overdamped</i> ).	98
Gambar B.21. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan <i>step up</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT dengan <i>Lead Time</i> ( <i>overdamped</i> )).	99
Gambar B.22. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan <i>step down</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (FOPDT).	99
Gambar B.23. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan <i>step down</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT <i>underdamped</i> ).	100
Gambar B.24. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan <i>step down</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT <i>overdamped</i> ).	100
Gambar B.25. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat perubahan <i>step down</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT dengan <i>Lead Time</i> ( <i>overdamped</i> )).	101
Gambar B.26. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step up</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (FOPDT).	101
Gambar B.27. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step up</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT <i>underdamped</i> ).	102
Gambar B.28. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step up</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT <i>overdamped</i> ).	102
Gambar B.29. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step up</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT dengan <i>Lead Time</i> ( <i>overdamped</i> )).	103
Gambar B.30. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step down</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (FOPDT).	103
Gambar B.31. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step down</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT <i>underdamped</i> ).	104
Gambar B.32. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step down</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT <i>overdamped</i> ).	104
Gambar B.33. Kurva <i>fitting</i> Control Station perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat perubahan <i>step down</i> laju alir <i>2-ethylhexanol</i> (SOPDT dengan <i>Lead Time</i> ( <i>overdamped</i> )).	105



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> .....	6
Tabel 2.2. Karakteristik asam dodekanoat .....	6
Tabel 2.3. Karakteristik <i>2-ethylhexanol</i> .....	7
Tabel 2.4. Perbedaan katalis homogen dan heterogen berdasarkan efektivitas .....	8
Tabel 2.5. Perbedaan katalis homogen dan heterogen berdasarkan properti katalis .....	8
Tabel 2.6. Karakteristik setiap jenis <i>tray</i> .....	14
Tabel 2.7. Alur penentuan model termodinamika .....	24
Tabel 2.8. Parameter laju reaksi esterifikasi asam dodekanoat dengan <i>2-ethylhexanol</i> menggunakan katalis sulphated zirconia .....	29
Tabel 2.9. Parameter konstanta kesetimbangan reaksi esterifikasi asam dodekanoat dengan <i>2-ethylhexanol</i> menggunakan katalis <i>sulphated zirconia</i> .....	29
Tabel 2.10. Hasil regresi non-linier menggunakan Matlab .....	30
Tabel 3.1. Spesifikasi masukan dan keluaran pada kolom RD .....	31
Tabel 3.2. Komposisi setiap zat pada kolom RD .....	33
Tabel 3.3. Data pengamatan laju alir mol <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> setiap waktu .....	35
Tabel 3.4. Data pengamatan fraksi mol <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> setiap waktu .....	36
Tabel 3.5. Perbandingan parameter dan error setiap model .....	38
Tabel 3.6. Rencana kerja penelitian .....	41
Tabel 4.1. Model perubahan <i>output</i> akibat perubahan <i>input</i> yang digunakan ( <i>Laplace Domain</i> ) .....	51
Tabel 4.2. Parameter fungsi alih perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat kenaikan nilai <i>reboiler duty</i> .....	52
Tabel 4.3. Parameter fungsi alih perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat penurunan nilai <i>reboiler duty</i> .....	52
Tabel 4.4. Parameter fungsi alih perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat kenaikan nilai <i>reboiler duty</i> .....	54
Tabel 4.5. Parameter fungsi alih perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat penurunan nilai <i>reboiler duty</i> .....	55
Tabel 4.6. Parameter fungsi alih perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat kenaikan nilai laju alir <i>2-ethylhexanol</i> .....	57
Tabel 4.7. Parameter fungsi alih perubahan fraksi <i>2-ethylhexyl dodecanoate</i> akibat penurunan nilai laju alir <i>2-ethylhexanol</i> .....	57
Tabel 4.8. Parameter fungsi alih perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat kenaikan nilai laju alir <i>2-ethylhexanol</i> .....	59

Tabel 4.9. Parameter fungsi alih perubahan laju alir <i>bottom</i> akibat penurunan nilai laju alir <i>2-ethylhexanol</i> . .....	60
Tabel 4.10. Model dinamis semua perubahan <i>output</i> akibat perubahan <i>input</i> . .....	62





## DAFTAR ISTILAH

- $K_i$  = koefisien kesetimbangan fasa uap cair
- $\alpha_{ij}$  = 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)
- $Y$  = laju alir mol *2-ethylhexyl dodecanoate*. (mol/h)
- $x_i$  = 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)
- $\xi$  = persamaan kinetika reaksi
- $nr$  = jumlah reaksi yang terjadi
- $H$  = entalpi (Joule/h)
- $Q$  = kalor (Joule/h)
- $\gamma$  = 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 ( $\text{\AA}^2$ )
- $A_w$  = area van der Waals ( $\text{\AA}^2$ )
- $r_i$  = parameter volume van der Waals ( $\text{\AA}^3$ )
- $V_w$  = van der Waals volume ( $\text{\AA}^3$ )
- $K$  = *steady-state gain*
- $\tau$  = *time constant*
- $\theta$  = *time delay*
- $\xi$  = *damping factor*
- $G$  = fungsi alih



## INTISARI

*Reactive distillation* merupakan salah satu intensifikasi proses yang sedang dikembangkan dalam dekade terakhir ini. Pada *reactive distillation*, proses pemisahan dan reaksi terjadi dalam satu kolom sehingga metode ini lebih efektif, efisien, dan ekonomis dibanding metode biasa. Pada penelitian ini, proses yang ingin dibahas adalah proses pembuatan *fatty acid ester* (*2-ethylhexyl dodecanoate*) dengan reaksi esterifikasi menggunakan *reactive distillation*. Proses yang digunakan dalam pembuatan *fatty acid ester* tersebut tentunya tidak akan selalu berada dalam keadaan *steady state*. Banyak sekali kemungkinan terjadinya gangguan pada proses yang berlangsung, oleh karena itu dibutuhkan kontrol yang sesuai agar meskipun terdapat gangguan, proses tetap memberikan hasil sesuai yang diinginkan. Langkah pertama dalam control suatu proses adalah menentukan fungsi alihnya. Dengan menentukan parameter fungsi alih maka bisa didapat fungsi alih proses perubahan *input* terhadap *output* yang kemudian dapat digunakan untuk perancangan kontroler yang sesuai.

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur mengenai reaksi yang ingin digunakan dalam proses *reactive distillation*. Literatur yang dicari memiliki data yang lengkap mulai dari kinetika reaksi yang terjadi hingga desain kolom distilasi yang bersangkutan. Data dari literatur tersebut kemudian digunakan untuk validasi menggunakan *software Aspen Plus V8.8*. Setelah validasi dilakukan, gangguan mulai di input pada *Aspen Plus Dynamics* sehingga didapat data keluaran setiap waktu setelah diberikan gangguan. Kemudian dilakukan *curve fitting* pada data tersebut ke dalam model-model yang ada menggunakan bantuan *software Control Station* untuk mengetahui model yang cocok serta mendapatkan parameter fungsi alih perubahan *input* terhadap *output*.

Dari hasil simulasi dinamik yang didapat diketahui bahwa model paling cocok untuk menggambarkan perubahan fraksi produk dan laju alir *bottom* akibat perubahan *reboiler duty* adalah SOPDT dengan *Lead Time* (*overdamped*). Untuk perubahan fraksi produk akibat perubahan laju *2-ethylhexanol* adalah SOPDT dengan *Lead Time* (*overdamped*) serta perubahan laju *bottom* yang dihasilkan akibat perubahan laju *2-ethylhexanol* adalah SOPDT *underdamped*. Secara keseluruhan perubahan *reboiler duty* memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap laju alir *bottom* dan fraksi produk yang dihasilkan jika dibandingkan dengan laju *2-ethylhexanol*.

Kata kunci: *reactive distillation*, *fatty acid ester*, esterifikasi, fungsi alih, *Aspen Plus V8.8*, Dinamika proses.



## ABSTRACT

Reactive distillation is one of the process intensification that is currently being developed in the last decade. In reactive distillation, the separation and reaction process occurs in one column therefore this method is more effective, efficient, and economical than conventional method. This research aims to study the process of fatty acid esters (2-ethylhexyl dodecanoate) synthesis by an esterification reaction using reactive distillation. In the actual condition, the process used in manufacturing fatty acid esters are not going to constantly be in a steady state. There are a lot of potential interference with the ongoing process, therefore it needs appropriate controls so that even though there is interference, the process will still yield the desired results. The first step in the process control is to determine the transfer function. By determining the parameters of the transfer function, the dynamic model that represents the changes of output caused by the changes of input over the process can be obtained which will then be used to design an appropriate controller.

This research began with a study of the literature on the reaction used in the process of reactive distillation. Literature must have a complete data such as the reaction kinetics that occurs in column down to the column design and operating condition of the column. Data from the literature will then be used for validation using Aspen Plus V8.8 software. Once validation is done, Aspen Plus Dynamics will be used to interfere the input in order to get the output data after given interference. After that, using the help of Control Station software, the data will undergo curve fitting into various chosen models to find a suitable model and gain parameters of the transfer function that represent the changes of output caused by the changes of input over the process.

From the dynamic simulation, the result shows that the best model fit to represent the change of the fraction of the product and the bottom flow rate to the reboiler duty is SOPDT with Lead Time (overdamped). The best model to show the effect of the product fraction to the change of 2-ethylhexanol rate is SOPDT with Lead Time (overdamped), and the change of the bottom rate produced in consequence of the change of 2-ethylhexanol rate is SOPDT underdamped. The changes of reboiler duty gives greater impact to the flow rate of the bottom section and fraction of the product produced compared to the rate of 2-ethylhexanol.

Keywords: reactive distillation, fatty acid ester, esterification, transfer function, Aspen Plus V8.8, process dynamics.



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang Masalah

*Fatty acid ester* merupakan salah satu produk kimia yang paling dicari di dunia ini. Harga jual *fatty acid ester* tentunya sudah tidak perlu diragukan lagi, harga *fatty acid ester market* pada tahun 2014 mencapai \$1,830,200,000 <sup>[1]</sup>, pada tahun 2015 mencapai \$1,890,000,000 <sup>[2]</sup> dan diperkirakan akan terus berkembang hingga mencapai \$2,500,000,000 <sup>[2]</sup> pada tahun 2022 dengan perkembangan CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) sebesar 4%. <sup>[2]</sup> Kapasitas yang besar ini dikarenakan *fatty acid ester* memiliki banyak kegunaan, antara lain di bidang kecantikan, kosmetik, pelumas, pengolahan makanan, surfaktan, deterjen, farmasi, dll. <sup>[3]</sup> <sup>[1]</sup> Aplikasi ini juga sudah tersebar diseluruh dunia seperti benua Eropa, Asia Pasifik, Amerika, Timur Tengah, Afrika, dll. <sup>[1]</sup> Oleh karena permintaan yang sangat banyak, maka terus dilakukan penelitian (intensifikasi proses) guna memaksimalkan perolehan dan kemurnian produk dengan menekan biaya yang digunakan. Salah satu intensifikasi proses yang sedang dikembangkan akhir-akhir ini adalah *reactive distillation* (RD).

Umumnya produksi *fatty acid ester* dilakukan pada reaktor *batch* menggunakan katalis homogen yang dilanjutkan proses distilasi. Metode ini memiliki kekurangan di sisi ekonomi karena diperlukan proses distilasi setelah reaksi guna memulihkan kelebihan alkohol dan memurnikan produk yang tentunya akan memerlukan biaya yang tinggi. Selain itu katalis yang digunakan (biasanya *p-toluenesulphonic acid*) dapat hilang sehingga reaksi samping yang terjadi akan semakin banyak. <sup>[3]</sup> <sup>[4]</sup>

Dengan penggunaan RD, biaya yang dikeluarkan dapat ditekan 15% hingga 80%. <sup>[5]</sup> Selain dari sisi ekonomi, penggunaan RD juga dapat menghemat tempat/lahan yang digunakan karena tempat reaksi dan pemisahan sudah berada dalam satu kolom. Proses yang terjadi dalam RD juga lebih stabil dibandingkan proses menggunakan reaktor biasa sehingga keamanannya juga lebih baik.

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 RD dengan mendapatkan bentuk fungsi alih guna pengontrolan lebih lanjut.

Reaktan yang digunakan adalah *2-ethyl-1-hexanol* (alkohol) dan asam dodekanoat (asam lemak) melalui reaksi esterifikasi untuk menghasilkan *2-ethylhexyl dodecanoate (fatty acid ester)* dengan bantuan katalis *sulphated zirconia*. Pada kolom distilasi, asam lemak digunakan sebagai reaktan dengan titik didih tertinggi dan alkohol dengan titik didih terendah. Penggunaan reaktan C<sub>8</sub> dikarenakan C<sub>8</sub> memiliki titik didih tertinggi dari C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub> sehingga apabila C<sub>8</sub> berhasil diuapkan dalam kolom, maka C<sub>1</sub>-C<sub>7</sub> tentunya juga dapat digunakan dalam sistem ini dengan produk *fatty acid ester* yang berbeda. Pemilihan *sulphated zirconia* sebagai katalis disebabkan karena *sulphated zirconia* memiliki pori yang besar sehingga meningkatkan efektifitas difusi *fatty acid*, tidak terurai pada kondisi reaksi, dan tidak mendukung terjadinya reaksi samping. [6]

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Tema sentral masalah pada penelitian yang akan dilakukan ini adalah mensimulasikan reaksi alkohol dan *fatty acid* menjadi *fatty acid ester* dalam kolom distilasi dengan reaksi menggunakan *software* Aspen Plus kemudian melakukan variasi gangguan pada proses guna mendapat kelakuan dinamis pada sistem distilasi reaktif.

## 1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana kelakuan dinamis output terhadap perubahan input dalam sistem distilasi reaktif.
2. Berapakah nilai parameter-parameter dalam fungsi alih yang didapat guna mengendalikan proses tersebut.

#### 1.4 Hipotesis

1. Nilai parameter fungsi alih yang didapat akan berbeda-beda pada setiap variasi yang dilakukan.
2. Peningkatan nilai *reboiler duty* akan meningkatkan kemurnian dan laju alir *bottom* yang dihasilkan.
3. Peningkatan laju *2-ethylhexanol* akan meningkatkan jumlah produk yang dihasilkan karena reaksi yang terjadi akan berjalan dengan lebih sempurna.
4. Peningkatan laju *2-ethylhexanol* akan mengurangi kemurnian produk yang didapat karena akan menambah beban pemisahan.
5. Fungsi alih perubahan *reboiler duty* maupun laju alir *2-ethylhexanol* terhadap perolehan dan kemurnian produk mengikuti sistem orde dua.

#### 1.5 Premis

1. Katalis yang paling baik digunakan untuk reaksi esterifikasi antara *2-ethyl-1-hexanol* dan asam dodekanoat adalah *sulphated zirconia*.<sup>[7]</sup>
2. Model kinetika yang digunakan pada reaksi esterifikasi antara *2-ethyl-1-hexanol* dan asam dodekanoat dengan bantuan katalis *sulphated zirconia* adalah pseudo homogen.<sup>[4]</sup>
3. Model termodinamika yang digunakan pada reaksi esterifikasi antara *2-ethyl-1-hexanol* dan asam dodekanoat adalah model UNIQUAC.<sup>[3]</sup>
4. Jumlah alkohol keluaran dapat dikurangi dengan menurunkan tekanan kolom dan meningkatkan suhu evaporator.<sup>[8]</sup>
5. Kemurnian meningkat seiring meningkatnya jumlah alkohol yang di recycle.<sup>[8]</sup>
6. Dengan temperatur masukan asam dodekanoat 383K dan *2-ethylhexanol* 420K didapat kemurnian *2-ethylhexyl dodecanoate* sebesar 99,9%.<sup>[4]</sup>
7. Semakin tinggi laju alir masukan maka laju produksi akan meningkat dan kemurnian menurun, begitu juga sebaliknya.<sup>[8]</sup>

#### 1.6 Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan hingga mendapat fungsi alih dari sistem distilasi reaktif dari reaksi asam dodekanoat dengan *2-ethylhexanol*.
2. Fungsi alih yang didapat hanya terbatas pada perubahan *output* (kemurnian dan laju alir) terhadap *input* (*reboiler duty* dan laju alir *2-ethylhexanol*).

### 1.7 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mempelajari kelakuan dinamis *output* terhadap perubahan *input* dalam sistem distilasi reaktif.
2. Mendapatkan nilai parameter fungsi alih.

### 1.8 Manfaat Penelitian

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 *fatty acid 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 pengontrolan proses berskala industri.