

**PENGARUH JENIS PELARUT PADA PROSES
PEMISAHAN CAMPURAN ASETON - METANOL
MENGUNAKAN DISTILASI EKSTRAKTIF DENGAN
DINDING PEMISAH**

CHE184650.04 – Penelitian

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

Oleh:

Reynardi Risyad Raytama (2016620105)

Pembimbing :

Herry Santoso, S.T., M.T.M, Ph.D.

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



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : PENGARUH JENIS PELARUT PADA PROSES PEMISAHAN
 CAMPURAN ASETON-METANOL MENGUNAKAN DISTILASI
 EKSTRAKTIF DENGAN DINDING PEMISAH**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 12 Agustus 2020

Pembimbing 1,



Herry Santoso, S.T., M.T.M, Ph.D.

Pembimbing 2,



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



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reynardi Risyad Raytama

NRP : 6216105

Dengan ini menyatakan bahwa Studi dengan judul:

PENGARUH JENIS PELARUT PADA PROSES PEMISAHAN CAMPURAN ASETON - METANOL MENGGUNAKAN DISTILASI EKSTRAKTIF DENGAN DINDING PEMISAH adalah hasil pekerjaan saya, 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, 12 Agustus 2020



Reynardi Risyad Raytama
(2016620105)

INTISARI

Distilasi adalah pemisahan termal untuk dua campuran atau lebih ke dalam fraksi komponennya dari kemurnian yang diinginkan berdasarkan perbedaan titik didih serta volatilitas antar komponen asi merupakan alat untuk memisahkan. Untuk memisahkan campuran azeotrop tidak dapat menggunakan distilasi biasa, pemisahan harus menggunakan proses ditilasi dengan metode *pressure swing distillation*, *azeotropic distillation*, dan *extractive distillation*. Azeotrop adalah campuran komponen kimia yang memiliki komposisi identik fasa cair dan gas dalam kesetimbangan satu sama lain. Pemisahan dengan metode *extractive distillation* menggunakan *entrainer* (*entrainer*) sebagai pemisah. Pada Studi ini menggunakan metode *extractive distillation* untuk memisahkan campuran azeotrop aseton-metanol dengan melakukan variasi *entrainer*. *Entrainer* yang akan digunakan adalah air, *dimethyl sulfoxide* (DMSO) dan *chlorobenzene*.

Dalam bidang industri, penggunaan distilasi ekstraktif kurang efektif sehingga biaya yang dikeluarkan cukup besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi dengan menambahkan dinding pemisah atau sekat (*dividing wall column*) pada kolom distilasi. Pengaruh dari variasi pelarut (*entrainer*) akan di uji untuk mengetahui pengaruh terhadap distilasi ekstraktif konvensional maupun *extractive dividing wall column* (EDWC) serta keefektifan jika menggunakan *dividing wall column* (DWC) baik dalam segi ekonomis maupun dalam segi penghematan biaya energi. Manfaat dari Studi ini adalah dapat memberikan wawasan kepada pembaca maupun peneliti lainnya mengenai pengaruh jenis *entrainer* terhadap proses pemisahan campuran azeotrop aseton-metanol dalam metode pemisahan distilasi ekstraktif konvensional dan EDWC serta memahami keefektifan dari DWC.

Metode studi akan dilakukan dengan melakukan simulasi serta validasi menggunakan *software* Aspen Plus berdasarkan data yang diperoleh dari literatur. Pada studi ini akan memperhitungkan *total annual cost* (TAC) dan total biaya energi untuk proses distilasi ekstraktif konvensional dan EDWC. Kemudian hasil yang didapat dari kedua proses dibandingkan, sehingga dapat mengetahui faktor apa saja yang menjadi pengaruh dari penambahan dinding pemisah atau DWC pada sistem distilasi ekstraktif konvensional.

Kata Kunci : Distilasi Ekstraktif, Campuran Azeotrop, *Extractive Distillation Wall Column*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Studi berjudul **“PENGARUH JENIS PELARUT PADA PROSES PEMISAHAN CAMPURAN ASETON - METANOL MENGGUNAKAN DISTILASI EKSTRAKTIF DENGAN DINDING PEMISAH”** ini tepat pada waktunya. Penulisan Studi ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah CHE183640 Proposal Studi dan Seminar Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penulisan Studi ini, penulis mendapat banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis secara khusus mengucapkan terima kasih kepada:

1. Herry Santoso S.T., M.T.M, Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 (pertama) yang telah memberikan pengarahan dalam penyusunan Studi ini.
2. Yansen Hartanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 (kedua) yang telah memberikan pengarahan dalam penyusunan Studi ini.
3. Orang tua serta keluarga penulis atas doa dan dukungannya baik secara moral maupun material.
4. Teman-teman teknik kimia angkatan 2015, 2016, dan 2017 atas dukungan dan masukannya kepada penulis saat penyusunan Studi.
5. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam Studi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhir kata, penulis berharap agar laporan Studi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 12 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL	xxxii
INTISARI.....	xxxiii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	2
1.3 Identifikasi Masalah	2
1.4 Premis.....	2
1.5 Tujuan Studi.....	3
1.6 Manfaat Studi	3
1.6.1 Manfaat Bagi Industri	3
1.6.2 Manfaat Bagi Masyarakat	3
1.6.3 Manfaat Bagi Ilmuan	4
1.6.4 Manfaat Bagi Pemerintah.....	4
BAB II	5
2.1 Distilasi	5
2.2 Keseimbangan Uap Cair	6
2.3 Azeotrop.....	7
2.3.1 <i>Maximum Boiling</i> Azeotrop.....	7
2.3.2 <i>Minimum Boiling</i> Azeotrop.....	9
2.4 Distilasi untuk Campuran Azeotrop.....	10
2.4.1 Distilasi <i>Pressure Swing</i>	11
2.4.2 Distilasi Azeotrop	12
2.4.3 Distilasi Ekstraktif.....	13
2.5 Variabel yang Mempengaruhi Proses Distilasi	14
2.6 Pemilihan Jenis <i>Entrainer</i>	15

2.7	Pemisahan Campuran Azeotrop Aseton-Metanol dengan Distilasi Ekstraktif.....	16
2.7.1	Pemisahan dengan <i>Entrainer</i> Air.....	16
2.7.2	Pemisahan dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	18
2.7.3	Pemisahan dengan <i>Entrainer</i> DMSO.....	19
2.8	<i>Dividing Wall Column</i>	20
2.9	Aturan Heuristik <i>Dividing Wall Column</i>	22
2.10	<i>Extractive Dividing Wall Column</i>	23
2.11	Simulasi <i>Extractive Dividing Wall Column</i>	24
2.12	Desain Optimal <i>Extractive Dividing Wall Column</i>	25
2.12.1	Optimasi Jumlah Tahap Total (N_T) Pada Kolom Distilasi.....	25
2.12.2	Penentuan Letak Umpan dan Letak <i>Entrainer</i> Masuk.....	25
2.13	Pemisahan Campuran Azeotrop Aseton-Metanol dengan EDWC.....	25
2.14.	Evaluasi Ekonomi	26
2.14.1	Biaya <i>Capital</i>	27
2.14.1.1	Biaya Total Kolom	27
2.14.1.2	Biaya Kondensor dan <i>Reboiler</i>	27
2.14.1.3	Biaya <i>Cooler</i>	27
2.14.1.4	Biaya Sekat Kolom (Litya & Christopher, 2018).....	28
2.14.2	Biaya Energi	28
2.14.3	Perhitungan TAC	29
BAB III		30
3.1	Simulasi dan Validasi Desain Kolom Distilasi Konvensional Pemisahan Aseton–Metanol... 30	30
3.2	Simulasi <i>Extractive Dividing Wall Column</i>	33
3.3	Studi Kasus	33
3.4	Evaluasi <i>Total Annual Cost</i> (TAC)	33
3.5	Cara Kerja Studi Secara Keseluruhan	34
3.6	Lokasi dan Jadwal Kerja Studi.....	36
BAB IV		37
4.1	Simulasi Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional.....	37
4.1.1	Simulasi Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional dengan <i>Entrainer</i> Air	38
4.1.2	Simulasi Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	47
4.1.3	Simulasi Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional dengan <i>Entrainer</i> DMSO	50
4.1.4	Perbandingan Sistem Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional.....	53

4.2	Simulasi <i>Extractive Dividing Wall Column</i> (EDWC).....	53
4.2.1	Simulasi <i>Extractive Dividing Wall Column</i> dengan <i>Entrainer Air</i>	55
4.2.2	Simulasi <i>Extractive Dividing Wall Column</i> dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	60
4.2.3	Simulasi <i>Extractive Dividing Wall Column</i> dengan <i>Entrainer DMSO</i>	64
4.2.4	Perbandingan Sistem <i>Extractive Dividing Wall Column</i> (EDWC).....	68
4.3	Perbandingan Biaya Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional dan EDWC.....	69
4.3.1	Perbandingan Biaya Pemisahan Campuran Aseton-Metanol dengan <i>Entrainer Air</i>	69
4.3.2	Perbandingan Biaya Pemisahan Campuran Aseton-Metanol dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	71
4.3.3	Perbandingan Biaya Pemisahan Campuran Aseton-Metanol dengan <i>Entrainer DMSO</i>	72
4.4	Perbandingan Nilai Ekonomi	73
4.4.1	Perbandingan Biaya Kolom	73
4.4.2	Perbandingan <i>Capital Cost</i>	75
4.4.3	Perbandingan Biaya Energi.....	77
4.4.4	Perbandingan Nilai TAC.....	78
4.4.5	Sistem Terbaik untuk Memisahkan Campuran Aseton-Metanol	79
BAB V		80
5.1	Kesimpulan	80
5.2	Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA.....		81
LAMPIRAN A		82
A.1	Perhitungan CE Index	82
A.2	Distilasi Ekstraktif Konvensional.....	82
A.2.1	Perhitungan Biaya Kolom.....	82
A.2.1.1	Kolom 1	82
A.2.1.2	Kolom 2	83
A.2.2	Perhitungan Biaya Alat Kondensor.....	83
A.2.2.1	Kolom 1	83
A.2.2.2	Kolom 2	84
A.2.3	Perhitungan Biaya Alat <i>Reboiler</i>	84
A.2.3.1	Kolom 1	84
A.2.3.2	Kolom 2.....	85
A.2.4	Perhitungan Biaya <i>Cooler</i>	85
A.2.5	Perhitungan Biaya Energi	86

A.2.6	Perhitungan <i>Total Annual Cost</i> (TAC)	86
A.3	<i>Extractive Dividing Wall Column</i> (EDWC).....	86
A.3.1	Perhitungan Biaya Kolom.....	86
A.3.1.1	Perhitungan Biaya Kolom Atas	86
A.3.1.2	Perhitungan Biaya Kolom Bawah	87
A.3.2	Perhitungan Biaya Sekat.....	87
A.3.3	Perhitungan Biaya Kondensor	88
A.3.3.1	Kondensor 1.....	88
A.3.3.2	Kondensor 2.....	89
A.3.4	Perhitungan Biaya <i>Reboiler</i>	89
A.3.5	Perhitungan Biaya <i>Cooler</i>	90
A.3.6	Perhitungan Biaya Energi	90
A.3.7	Perhitungan <i>Total Annual Cost</i> (TAC)	90
LAMPIRAN B.....		92
B.1	Data CEPCI Tahun 2000 – Tahun 2016.....	92
B.2	Optimasi Distilasi Ekstraktif.....	92
B.2.1	<i>Entrainer</i> Air.....	92
B.2.1.1	Optimasi Pertama Kolom Pertama Jumlah Tahap	92
B.2.1.3	Optimasi Pertama Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	94
B.2.1.5	Optimasi Pertama Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	95
B.2.1.6	Optimasi Kedua Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	95
B.2.1.7	Optimasi Kedua Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	96
B.2.1.8	Optimasi Kedua Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	96
B.2.1.9	Optimasi Kedua Kolom Kedua Jumlah Tahap	97
B.2.1.10	Optimasi Kedua Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	97
B.2.1.11	Optimasi Ketiga Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	98
B.2.1.12	Optimasi Ketiga Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	98
B.2.1.13	Optimasi Ketiga Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	99
B.2.1.14	Optimasi Ketiga Kolom Kedua Jumlah Tahap	99
B.2.1.15	Optimasi Ketiga Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	100
B.2.1.16	Optimasi Keempat Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	100
B.2.1.17	Optimasi Keempat Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	100
B.2.1.18	Optimasi Keempat Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	101

B.2.1.19	Optimasi Keempat Kolom Kedua Jumlah Tahap	101
B.2.1.20	Optimasi Keempat Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	102
B.2.1.21	Optimasi Kelima Kolom Pertama Jumlah Tahap	102
B.2.1.22	Optimasi Kelima Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	102
B.2.1.23	Optimasi Kelima Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	103
B.2.1.24	Optimasi Kelima Kolom Kedua Jumlah Tahap	103
B.2.1.25	Optimasi Kelima Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	104
B.2.1.26	Optimasi Keenam Kolom Pertama Jumlah Tahap	104
B.2.1.27	Optimasi Keenam Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	104
B.2.1.28	Optimasi Keenam Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	105
B.2.1.29	Optimasi Keenam Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	105
B.2.1.30	Optimasi Keenam Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	105
B.2.1.31	Optimasi Ketujuh Kolom Pertama Jumlah Tahap	106
B.2.1.32	Optimasi Ketujuh Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	106
B.2.1.33	Optimasi Ketujuh Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	107
B.2.1.34	Optimasi Ketujuh Kolom Kedua Jumlah Tahap	107
B.2.1.35	Optimasi Ketujuh Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	107
B.2.1.36	Optimasi Kedelapan Kolom Pertama Jumlah Tahap	108
B.2.1.37	Optimasi Kedelapan Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	108
B.2.1.38	Optimasi Kedelapan Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	109
B.2.1.39	Optimasi Kedelapan Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	109
B.2.1.40	Optimasi Kedelapan Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	109
B.2.1.41	Optimasi Kesembilan Kolom Pertama Jumlah Tahap	110
B.2.1.42	Optimasi Kesembilan Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	110
B.2.1.43	Optimasi Kesembilan Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	110
B.2.1.44	Optimasi Kesembilan Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	111
B.2.1.45	Optimasi Kesembilan Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	111
B.2.2	<i>Entrainer Chlorobenzene</i>	112
B.2.2.1	Optimasi Pertama Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	112
B.2.2.2	Optimasi Pertama Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	112
B.2.2.3	Optimasi Pertama Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	113
B.2.2.4	Optimasi Pertama Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	113
B.2.2.5	Optimasi Pertama Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	114

B.2.2.6 Optimasi Kedua Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	115
B.2.2.7 Optimasi Kedua Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	115
B.2.2.8 Optimasi Kedua Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	115
B.2.2.9 Optimasi Kedua Kolom Kedua Jumlah Tahap	116
B.2.2.10 Optimasi Kedua Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	116
B.2.2.11 Optimasi Ketiga Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	117
B.2.2.12 Optimasi Ketiga Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	117
B.2.2.13 Optimasi Ketiga Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	117
B.2.2.14 Optimasi Ketiga Kolom Kedua Jumlah Tahap	118
B.2.2.15 Optimasi Ketiga Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	118
B.2.2.16 Optimasi Keempat Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	118
B.2.2.17 Optimasi Keempat Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	119
B.2.2.18 Optimasi Keempat Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	119
B.2.2.19 Optimasi Keempat Kolom Kedua Jumlah Tahap	120
B.2.2.20 Optimasi Keempat Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	120
B.2.2.21 Optimasi Kelima Kolom Pertama Jumlah Tahap	120
B.2.2.22 Optimasi Kelima Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	121
B.2.2.23 Optimasi Kelima Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	121
B.2.2.24 Optimasi Kelima Kolom Kedua Jumlah Tahap	122
B.2.2.25 Optimasi Kelima Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	122
B.2.2.26 Optimasi Keenam Kolom Pertama Jumlah Tahap	122
B.2.2.27 Optimasi Keenam Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	123
B.2.2.28 Optimasi Keenam Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	123
B.2.2.29 Optimasi Keenam Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	123
B.2.2.30 Optimasi Keenam Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	124
B.2.2.31 Optimasi Ketujuh Kolom Pertama Jumlah Tahap	124
B.2.2.32 Optimasi Ketujuh Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	125
B.2.2.33 Optimasi Ketujuh Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	125
B.2.2.34 Optimasi Ketujuh Kolom Kedua Jumlah Tahap	125
B.2.2.35 Optimasi Ketujuh Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	126
B.2.2.36 Optimasi Kedelapan Kolom Pertama Jumlah Tahap	126
B.2.2.37 Optimasi Kedelapan Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	126
B.2.2.38 Optimasi Kedelapan Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	127

B.2.2.39	Optimasi Kedelapan Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	127
B.2.2.40	Optimasi Kedelapan Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	128
B.2.3	<i>Entrainer</i> DMSO	128
B.2.3.1	Optimasi Pertama Kolom Pertama Jumlah Tahap	128
B.2.3.2	Optimasi Pertama Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	129
B.2.3.3	Optimasi Pertama Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	129
B.2.3.4	Optimasi Pertama Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	129
B.2.3.5	Optimasi Pertama Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	130
B.2.3.6	Optimasi Kedua Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	130
B.2.3.7	Optimasi Kedua Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	131
B.2.3.8	Optimasi Kedua Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	131
B.2.3.9	Optimasi Kedua Kolom Kedua Jumlah Tahap	131
B.2.3.10	Optimasi Kedua Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	132
B.2.3.11	Optimasi Ketiga Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	132
B.2.3.12	Optimasi Ketiga Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	133
B.2.3.13	Optimasi Ketiga Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	133
B.2.3.14	Optimasi Ketiga Kolom Kedua Jumlah Tahap	133
B.2.3.15	Optimasi Ketiga Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	134
B.2.3.16	Optimasi Keempat Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	134
B.2.3.17	Optimasi Keempat Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	135
B.2.3.18	Optimasi Keempat Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	135
B.2.3.19	Optimasi Keempat Kolom Kedua Jumlah Tahap	135
B.2.3.20	Optimasi Keempat Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	136
B.2.3.21	Optimasi Kelima Kolom Pertama Jumlah Tahap	136
B.2.3.22	Optimasi Kelima Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	136
B.2.3.23	Optimasi Kelima Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	137
B.2.3.24	Optimasi Kelima Kolom Kedua Jumlah Tahap	137
B.2.3.25	Optimasi Kelima Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	137
B.2.3.26	Optimasi Keenam Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	138
B.2.3.27	Optimasi Keenam Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	138
B.2.3.28	Optimasi Keenam Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	139
B.2.3.29	Optimasi Keenam Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	139
B.2.3.30	Optimasi Keenam Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	139

B.3	Perhitungan Biaya Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional	140
B.3.1	Pemisahan dengan <i>Entrainer</i> Air Kolom Konvensional.....	140
B.3.2	Pemisahan dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Kolom Konvensional.....	140
B.3.3	Pemisahan dengan <i>Entrainer</i> DMSO Kolom Konvensional	140
B.4	Optimasi <i>Extractive Dividing Wall Column</i> (EDWC)	141
B.4.1	<i>Entrainer</i> Air.....	141
B.4.1.1	Optimasi Pertama Jumlah Tahap	141
B.4.1.2	Optimasi Pertama Panjang Sekat.....	142
B.4.1.3	Optimasi Pertama Letak Masuk Umpan.....	142
B.4.1.4	Optimasi Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	142
B.4.1.5	Optimasi Kedua Jumlah Tahap.....	143
B.4.1.6	Optimasi Kedua Panjang Sekat.....	144
B.4.1.7	Optimasi Kedua Letak Masuk Umpan.....	144
B.4.1.8	Optimasi Kedua Letak Masuk <i>Entrainer</i>	144
B.4.1.9	Optimasi Ketiga Jumlah Tahap.....	144
B.4.1.10	Optimasi Ketiga Panjang Sekat	145
B.4.1.11	Optimasi Ketiga Letak Masuk Umpan	145
B.4.1.12	Optimasi Ketiga Letak Masuk <i>Entrainer</i>	145
B.4.2	<i>Entrainer Chlorobenzene</i>	145
B.4.2.1	Optimasi Pertama Jumlah Tahap	145
B.4.2.2	Optimasi Pertama Panjang Sekat.....	146
B.4.2.3	Optimasi Pertama Letak Masuk Umpan.....	146
B.4.2.4	Optimasi Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	146
B.4.2.5	Optimasi Kedua Jumlah Tahap.....	147
B.4.2.6	Optimasi Kedua Panjang Sekat.....	147
B.4.2.7	Optimasi Kedua Letak Masuk Umpan.....	148
B.4.2.8	Optimasi Kedua Letak Masuk <i>Entrainer</i>	148
B.4.2.9	Optimasi Ketiga Jumlah Tahap.....	148
B.4.2.10	Optimasi Ketiga Panjang Sekat	149
B.4.2.11	Optimasi Ketiga Letak Masuk Umpan	149
B.4.2.12	Optimasi Ketiga Letak Masuk <i>Entrainer</i>	149
B.4.2.13	Optimasi Keempat Jumlah Tahap.....	150
B.4.2.14	Optimasi Keempat Panjang Sekat.....	150

B.4.2.15	Optimasi Keempat Letak Masuk Umpan.....	151
B.4.2.16	Optimasi Keempat Letak Masuk <i>Entrainer</i>	151
B.4.2.17	Optimasi Kelima Jumlah Tahap.....	151
B.4.2.18	Optimasi Kelima Panjang Sekat	152
B.4.2.19	Optimasi Kelima Letak Masuk Umpan	152
B.4.2.20	Optimasi Kelima Letak Masuk <i>Entrainer</i>	152
B.4.2.21	Optimasi Keenam Jumlah Tahap.....	153
B.4.2.22	Optimasi Keenam Panjang Sekat.....	153
B.4.2.23	Optimasi Keenam Letak Masuk Umpan.....	153
B.4.2.24	Optimasi Keenam Letak Masuk <i>Entrainer</i>	154
B.4.3	<i>Entrainer</i> DMSO	154
B.4.3.1	Optimasi Pertama Jumlah Tahap	154
B.4.3.2	Optimasi Pertama Panjang Sekat.....	154
B.4.3.3	Optimasi Pertama Letak Masuk Umpan.....	155
B.4.3.4	Optimasi Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	155
B.4.3.5	Optimasi Kedua Jumlah Tahap.....	155
B.4.3.6	Optimasi Kedua Panjang Sekat.....	156
B.4.3.7	Optimasi Kedua Letak Masuk Umpan.....	156
B.4.3.8	Optimasi Kedua Letak Masuk <i>Entrainer</i>	156
B.4.3.9	Optimasi Ketiga Jumlah Tahap.....	157
B.4.3.10	Optimasi Ketiga Panjang Sekat	157
B.4.3.11	Optimasi Ketiga Letak Masuk Umpan	157
B.4.3.12	Optimasi Ketiga Letak Masuk <i>Entrainer</i>	157
B.3	Perhitungan Biaya <i>Extractive Dividing Wall Column</i> (EDWC)	158
B.3.1	Pemisahan dengan <i>Entrainer</i> Air EDWC	158
B.3.2	Pemisahan dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i> EDWC	158
B.3.3	Pemisahan dengan <i>Entrainer</i> DMSO EDWC.....	158
LAMPIRAN C	159
C.1	Grafik Perhitungan CEPCI.....	159
C.2	Optimasi Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional	159
C.2.1	<i>Entrainer</i> Air.....	159
C.2.1.1	Optimasi Pertama Kolom Pertama Jumlah Tahap	159
C.2.1.2	Optimasi Pertama Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	160

C.2.1.3 Optimasi Pertama Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	160
C.2.1.4 Optimasi Pertama Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	161
C.2.1.5 Optimasi Pertama Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	161
C.2.1.6 Optimasi Kedua Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	162
C.2.1.7 Optimasi Kedua Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	162
C.2.1.8 Optimasi Kedua Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	163
C.2.1.9 Optimasi Kedua Kolom Kedua Jumlah Tahap	163
C.2.1.10 Optimasi Kedua Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	164
C.2.1.11 Optimasi Ketiga Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	164
C.2.1.12 Optimasi Ketiga Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	165
C.2.1.13 Optimasi Ketiga Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	165
C.2.1.14 Optimasi Ketiga Kolom Kedua Jumlah Tahap	166
C.2.1.15 Optimasi Ketiga Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	166
C.2.1.16 Optimasi Keempat Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	167
C.2.1.17 Optimasi Keempat Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	167
C.2.1.18 Optimasi Keempat Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	168
C.2.1.19 Optimasi Keempat Kolom Kedua Jumlah Tahap	168
C.2.1.20 Optimasi Keempat Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	169
C.2.1.21 Optimasi Kelima Kolom Pertama Jumlah Tahap	169
C.2.1.22 Optimasi Kelima Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	170
C.2.1.23 Optimasi Kelima Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	170
C.2.1.24 Optimasi Kelima Kolom Kedua Jumlah Tahap	171
C.2.1.25 Optimasi Kelima Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	171
C.2.1.26 Optimasi Keenam Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	172
C.2.1.27 Optimasi Keenam Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	172
C.2.1.28 Optimasi Keenam Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	173
C.2.1.29 Optimasi Keenam Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	173
C.2.1.30 Optimasi Keenam Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	174
C.2.1.31 Optimasi Ketujuh Kolom Pertama Jumlah Tahap	174
C.2.1.32 Optimasi Ketujuh Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	175
C.2.1.33 Optimasi Ketujuh Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	175
C.2.1.34 Optimasi Ketujuh Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	176
C.2.1.35 Optimasi Ketujuh Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	176

C.2.1.36	Optimasi Kedelapan Kolom Pertama Jumlah Tahap	177
C.2.1.37	Optimasi Kedelapan Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	177
C.2.1.38	Optimasi Kedelapan Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	178
C.2.1.39	Optimasi Kedelapan Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	178
C.2.1.40	Optimasi Kedelapan Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	179
C.2.1.41	Optimasi Kesembilan Kolom Pertama Jumlah Tahap	179
C.2.1.42	Optimasi Kesembilan Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	180
C.2.1.43	Optimasi Kesembilan Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	180
C.2.1.44	Optimasi Kesembilan Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	181
C.2.1.45	Optimasi Kesembilan Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	181
C.2.1.46	Hasil Perbandingan Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi	182
C.2.2	<i>Entrainer Chlorobenzene</i>	182
C.2.2.1	Optimasi Pertama Kolom Pertama Jumlah Tahap	182
C.2.2.2	Optimasi Pertama Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	183
C.2.2.3	Optimasi Pertama Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	183
C.2.2.4	Optimasi Pertama Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	184
C.2.2.5	Optimasi Pertama Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	184
C.2.2.6	Optimasi Kedua Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	185
C.2.2.7	Optimasi Kedua Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	185
C.2.2.8	Optimasi Kedua Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	186
C.2.2.9	Optimasi Kedua Kolom Kedua Jumlah Tahap	186
C.2.2.10	Optimasi Kedua Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	187
C.2.2.11	Optimasi Ketiga Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	187
C.2.2.12	Optimasi Ketiga Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	188
C.2.2.13	Optimasi Ketiga Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	188
C.2.2.14	Optimasi Ketiga Kolom Kedua Jumlah Tahap	189
C.2.2.15	Optimasi Ketiga Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	189
C.2.2.16	Optimasi Keempat Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	190
C.2.2.17	Optimasi Keempat Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	190
C.2.2.18	Optimasi Keempat Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	191
C.2.2.19	Optimasi Keempat Kolom Kedua Jumlah Tahap	191
C.2.2.20	Optimasi Keempat Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	192
C.2.2.21	Optimasi Kelima Kolom Pertama Jumlah Tahap	192

C.2.2.22	Optimasi Kelima Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	193
C.2.2.23	Optimasi Kelima Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	193
C.2.2.24	Optimasi Kelima Kolom Kedua Jumlah Tahap	194
C.2.2.25	Optimasi Kelima Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	194
C.2.2.26	Optimasi Keenam Kolom Pertama Jumlah Tahap	195
C.2.2.27	Optimasi Keenam Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	195
C.2.2.28	Optimasi Keenam Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	196
C.2.2.29	Optimasi Keenam Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	196
C.2.2.30	Optimasi Keenam Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	197
C.2.2.31	Optimasi Ketujuh Kolom Pertama Jumlah Tahap	197
C.2.2.32	Optimasi Ketujuh Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	198
C.2.2.33	Optimasi Ketujuh Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	198
C.2.2.34	Optimasi Ketujuh Kolom Kedua Jumlah Tahap	199
C.2.2.35	Optimasi Ketujuh Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	199
C.2.2.36	Optimasi Kedelapan Kolom Pertama Jumlah Tahap	200
C.2.2.37	Optimasi Kedelapan Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	200
C.2.2.38	Optimasi Kedelapan Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	201
C.2.2.39	Optimasi Kedelapan Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	201
C.2.2.40	Optimasi Kedelapan Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	202
C.2.2.41	Hasil Perbandingan Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi	202
C.2.3	<i>Entrainer</i> DMSO	203
C.2.3.1	Optimasi Pertama Kolom Pertama Jumlah Tahap	203
C.2.3.2	Optimasi Pertama Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	203
C.2.3.3	Optimasi Pertama Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	204
C.2.3.4	Optimasi Pertama Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	204
C.2.3.5	Optimasi Pertama Kolom Kedua Letak Masuk Umpan.....	205
C.2.3.6	Optimasi Kedua Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	205
C.2.3.7	Optimasi Kedua Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	206
C.2.3.8	Optimasi Kedua Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	206
C.2.3.9	Optimasi Kedua Kolom Kedua Jumlah Tahap	207
C.2.3.10	Optimasi Kedua Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	207
C.2.3.11	Optimasi Ketiga Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	208
C.2.3.12	Optimasi Ketiga Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	208

C.2.3.13	Optimasi Ketiga Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	209
C.2.3.14	Optimasi Ketiga Kolom Kedua Jumlah Tahap	209
C.2.3.15	Optimasi Ketiga Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	210
C.2.3.16	Optimasi Keempat Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	210
C.2.3.17	Optimasi Keempat Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	211
C.2.3.18	Optimasi Keempat Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	211
C.2.3.19	Optimasi Keempat Kolom Kedua Jumlah Tahap	212
C.2.3.20	Optimasi Keempat Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	212
C.2.3.21	Optimasi Kelima Kolom Pertama Jumlah Tahap	213
C.2.3.22	Optimasi Kelima Kolom Pertama Letak Masuk Umpan	213
C.2.3.23	Optimasi Kelima Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	214
C.2.3.24	Optimasi Kelima Kolom Kedua Jumlah Tahap	214
C.2.3.25	Optimasi Kelima Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	215
C.2.3.26	Optimasi Keenam Kolom Pertama Jumlah Tahap.....	215
C.2.3.27	Optimasi Keenam Kolom Pertama Letak Masuk Umpan.....	216
C.2.3.28	Optimasi Keenam Kolom Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	216
C.2.3.29	Optimasi Keenam Kolom Kedua Jumlah Tahap.....	217
C.2.3.30	Optimasi Keenam Kolom Kedua Letak Masuk Umpan	217
C.2.3.31	Hasil Perbandingan Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi	218
C.3	Optimasi <i>Extractive Dividing Wall Column</i> (EDWC)	218
C.3.1	<i>Entrainer Air</i>	218
C.3.1.1	Optimasi Pertama Jumlah Tahap	218
C.3.1.2	Optimasi Pertama Panjang Sekat.....	219
C.3.1.3	Optimasi Pertama Letak Masuk Umpan	219
C.3.1.4	Optimasi Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	220
C.3.1.5	Optimasi Kedua Jumlah Tahap.....	220
C.3.1.6	Hasil Perbandingan Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi	221
C.3.2	<i>Entrainer Chlorobenzene</i>	221
C.3.2.1	Optimasi Pertama Jumlah Tahap	221
C.3.2.2	Optimasi Pertama Panjang Sekat.....	222
C.3.2.3	Optimasi Pertama Letak Masuk Umpan.....	222
C.3.2.4	Optimasi Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	223
C.3.2.5	Optimasi Kedua Jumlah Tahap.....	223

C.3.2.6	Optimasi Kedua Panjang Sekat.....	224
C.3.2.7	Optimasi Kedua Letak Masuk Umpan.....	224
C.3.2.8	Optimasi Kedua Letak Masuk <i>Entrainer</i>	225
C.3.2.9	Optimasi Ketiga Jumlah Tahap.....	225
C.3.2.10	Optimasi Ketiga Panjang Sekat	226
C.3.2.11	Optimasi Ketiga Letak Masuk Umpan	226
C.3.2.12	Optimasi Ketiga Letak Masuk <i>Entrainer</i>	227
C.3.2.13	Optimasi Keempat Jumlah Tahap.....	227
C.3.2.14	Optimasi Keempat Panjang Sekat.....	228
C.3.2.15	Optimasi Keempat Letak Masuk Umpan.....	228
C.3.2.16	Optimasi Keempat Letak Masuk <i>Entrainer</i>	229
C.3.2.17	Optimasi Kelima Jumlah Tahap.....	229
C.3.2.18	Optimasi Kelima Panjang Sekat	230
C.3.2.19	Optimasi Kelima Letak Masuk Umpan	230
C.3.2.20	Optimasi Kelima Letak Masuk <i>Entrainer</i>	231
C.3.2.21	Optimasi Keenam Jumlah Tahap.....	231
C.3.2.22	Optimasi Keenam Panjang Sekat.....	232
C.3.2.23	Optimasi Keenam Letak Masuk Umpan.....	232
C.3.2.24	Optimasi Keenam Letak Masuk <i>Entrainer</i>	233
C.3.2.25	Hasil Perbandingan Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi	233
C.3.3	<i>Entrainer</i> DMSO	234
C.3.3.1	Optimasi Pertama Jumlah Tahap	234
C.3.3.2	Optimasi Pertama Panjang Sekat.....	234
C.3.3.3	Optimasi Pertama Letak Masuk Umpan.....	235
C.3.3.4	Optimasi Pertama Letak Masuk <i>Entrainer</i>	235
C.3.3.5	Optimasi Kedua Jumlah Tahap.....	236
C.3.3.6	Optimasi Kedua Letak Masuk <i>Entrainer</i>	236
C.3.3.7	Hasil Perbandingan Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi	237
C.4	Perbandingan Nilai TAC Sistem Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional	237
C.5	Perbandingan Nilai TAC Sistem <i>Extractive Dividing Wall Column</i>	238
C.6	Perbandingan Biaya Kolom antara Kolom Konvensional dengan EDWC	238
C.7	Perbandingan <i>Capital Cost</i> antara Kolom Konvensional dengan EDWC	239
C.8	Perbandingan Biaya Energi antara Kolom Konvensional dengan EDWC.....	239

C.9	Perbandingan Nilai TAC antara Kolom Konvensional dengan EDWC.....	240
-----	---	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Alat Kolom Distilasi (Kiss, 2013)	6
Gambar 2.2 Diagram T-xy Campuran Benzena-Toluena Pada Tekanan Atmosfer (Kiss,2013)	6
Gambar 2.3 <i>Maximum-boiling</i> Azeotrop (S.Deshmukh & S.V.Ashtikar, 2015).....	8
Gambar 2.4 Diagram T-xy at 1 atm: Aseton – Kloroform (Luyben dan Chien,2010).....	8
Gambar 2.5 <i>Minimun-boiling</i> Azeotrop (S.Deshmukh & S.V.Ashtikar, 2015)	9
Gambar 2.6 Diagram T-xy at 1 atm Aseton-Metanol (Luyben,2010).....	10
Gambar 2.7 <i>Flowsheet</i> Distilasi <i>Pressure Swing</i> campuran Aseton-Metanol (Luyben, 2010)	11
Gambar 2.8 RCM <i>Pyridine</i> -Air dengan Toluena sebagai <i>entrainer</i> (Luyben 2010).....	12
Gambar 2.9 <i>Flowsheet</i> Distilasi Azeotropik campuran <i>Pyridine</i> -Air (Luyben 2010)	13
Gambar 2.10 <i>Flowsheet</i> dari Proses Distilasi Ekstraktif Aseton-Metanol dengan <i>Entrainer</i> Air (Luyben 2010).....	14
Gambar 2.11 <i>Flowsheet</i> Simulasi Distilasi Ekstraktif Campuran Azeotrop Aseton – Metanol (Setiadi dan Saputra, 2019)	17
Gambar 2.12 <i>Flowsheet</i> Distilasi Ekstraktif Campuran Azeotrop Aseton–Metanol dengan <i>Chlorobenzene</i> sebagai <i>entrainer</i> (Luyben, 2010)	19
Gambar 2.13 <i>Flowsheet</i> Distilasi Ekstraktif Campuran Azeotrop Aseton – Metanol dengan DMSO sebagai <i>entrainer</i> (Luyben, 2010).....	20
Gambar 2.14 <i>Flowsheet Direct sequence</i> (a), <i>Indirect sequence</i> (b), and <i>Petlyuk configuration</i> (c) for separating a three-component mixture ABC (A: light, B: middle, and C: heavy boiling component) (Kiss, 2013)	21
Gambar 2.15 Desain Kolom dengan <i>Dividing Wall Column</i> (Kaibel, 1987; Yildirim, Kiss, and Kenig, 2011)	22
Gambar 2.16. Konfigurasi Dasar EDWC (Kiss, 2013)	23
Gambar 2.17 <i>Thermal Coupling</i> pada <i>Direct Sequence</i> (Smith, 2005).....	24
Gambar 2.18 Simulasi 3 Kolom EDWC (Setiadi dan Saputra, 2019).....	24
Gambar 2.19. <i>Flowsheet</i> Simulasi EDWC Aseton–Metanol (Setiadi dan Saputra, 2019)..	26
Gambar 3.1 Langkah Studi Secara Keseluruhan	35
Gambar 4.1 Simulasi Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional dengan <i>Entrainer</i> Air	38
Gambar 4.2 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Jumlah Tahap Kolom 1 <i>Entrainer</i> Air	39
Gambar 4.3 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Letak Masuk Umpan Kolom 1 <i>Entrainer</i> Air	40
Gambar 4.4 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Letak Masuk <i>Entrainer</i> Kolom 1 <i>Entrainer</i> Air	40

Gambar 4.5 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Jumlah Tahap Kolom 2 <i>Entrainer</i> Air	41
Gambar 4.6 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Letak Masuk Umpan Kolom 2 <i>Entrainer</i> Air	41
Gambar 4.7 Optimasi Kesembilan Kolom Konvensional Jumlah Tahap Kolom 1 <i>Entrainer</i> Air	42
Gambar 4.8 Optimasi Kesembilan Kolom Konvensional Letak Masuk Umpan Kolom 1 <i>Entrainer</i> Air	42
Gambar 4.9 Optimasi Kesembilan Kolom Konvensional Letak Masuk <i>Entrainer</i> Kolom 1 <i>Entrainer</i> Air	43
Gambar 4.10 Optimasi Kesembilan Kolom Konvensional Jumlah Tahap Kolom 2 <i>Entrainer</i> Air	43
Gambar 4.11 Optimasi Kesembilan Kolom Konvensional Letak Masuk Umpan Kolom 2 <i>Entrainer</i> Air	44
Gambar 4.12 Data Spesifikasi Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air	45
Gambar 4.13 Data Spesifikasi Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air	45
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Biaya Kolom Konvensional Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi dengan <i>Entrainer</i> Air	46
Gambar 4.15 Simulasi Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	47
Gambar 4.16 Data Spesifikasi Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	48
Gambar 4.17 Data Spesifikasi Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	48
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Biaya Kolom Konvensional Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	49
Gambar 4.19 Simulasi Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional dengan <i>Entrainer</i> DMSO	50
Gambar 4.20 Data Spesifikasi Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO	51
Gambar 4.21 Data Spesifikasi Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> DMSO	51
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Biaya Kolom Konvensional Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi dengan <i>Entrainer</i> DMSO	52
Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Nilai TAC Pada Sistem Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional	53
Gambar 4.24 Simulasi EDWC dengan <i>Entrainer</i> Air	55
Gambar 4.25 Optimasi Pertama EDWC Jumlah Tahap <i>Entrainer</i> Air	56
Gambar 4.26 Optimasi Pertama EDWC Panjang Sekat <i>Entrainer</i> Air	56
Gambar 4.27 Optimasi Pertama EDWC Letak Masuk Umpan <i>Entrainer</i> Air	57
Gambar 4.28 Optimasi Pertama EDWC Letak Masuk <i>Entrainer</i> untuk <i>Entrainer</i> Air	57
Gambar 4.29 Data Spesifikasi EDWC Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air	58
Gambar 4.30 Data Spesifikasi EDWC Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air	58

Gambar 4.31 Data Spesifikasi EDWC Kolom Ketiga <i>Entrainer Air</i>	59
Gambar 4.32 Data Rasio <i>Splitter</i> EDWC dengan <i>Entrainer Air</i>	59
Gambar 4.33 Grafik Perbandingan Biaya EDWC Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi dengan <i>Entrainer Air</i>	60
Gambar 4.34 Simulasi EDWC dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	61
Gambar 4.35 Data Spesifikasi EDWC Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	62
Gambar 4.36 Data Spesifikasi EDWC Kolom Kedua <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	62
Gambar 4.37 Data Spesifikasi EDWC Kolom Ketiga <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	63
Gambar 4.38 Data Rasio <i>Splitter</i> EDWC dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	63
Gambar 4.39 Grafik Perbandingan Biaya EDWC Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	64
Gambar 4.40 Simulasi EDWC dengan <i>Entrainer DMSO</i>	65
Gambar 4.41 Data Spesifikasi EDWC Kolom Pertama <i>Entrainer DMSO</i>	65
Gambar 4.42 Data Spesifikasi EDWC Kolom Kedua <i>Entrainer DMSO</i>	66
Gambar 4.43 Data Spesifikasi EDWC Kolom Ketiga <i>Entrainer DMSO</i>	66
Gambar 4.44 Data Rasio <i>Splitter</i> EDWC dengan <i>Entrainer DMSO</i>	67
Gambar 4.45 Grafik Perbandingan Biaya EDWC Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi dengan <i>Entrainer DMSO</i>	68
Gambar 4.46 Grafik Perbandingan Nilai TAC Pada Sistem EDWC	68
Gambar 4.47 Grafik Perbandingan Biaya Kolom	74
Gambar 4.48 Grafik Perbandingan <i>Capital Cost</i>	76
Gambar 4.49 Grafik Perbandingan Biaya Energi.....	78
Gambar 4.50 Grafik Perbandingan Nilai TAC.....	79
Gambar C.1 Grafik Perhitungan CEPCI	159
Gambar C.2 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Air</i> Jumlah Tahap	159
Gambar C.3 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Air</i> Letak Masuk Umpan	160
Gambar C.4 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Air</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	160
Gambar C.5 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer Air</i> Jumlah Tahap	161
Gambar C.6 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer Air</i> Letak Masuk Umpan	161
Gambar C.7 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Air</i> Jumlah Tahap	162
Gambar C.8 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Air</i> Letak Masuk Umpan	162
Gambar C.9 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entraine Air</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	163

Gambar C.10 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap	163
Gambar C.11 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	164
Gambar C.12 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap	164
Gambar C.13 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	165
Gambar C.14 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk <i>Entrainer</i>	165
Gambar C.15 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom <i>Entrainer</i> Air Kedua Jumlah Tahap	166
Gambar C.16 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	166
Gambar C.17 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap.....	167
Gambar C.18 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	167
Gambar C.19 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk <i>Entrainer</i>	168
Gambar C.20 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap.....	168
Gambar C.21 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	169
Gambar C.22 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap.....	169
Gambar C.23 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	170
Gambar C.24 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk <i>Entrainer</i>	170
Gambar C.25 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap	171
Gambar C.26 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	171
Gambar C.27 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap.....	172
Gambar C.28 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	172
Gambar C.29 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk <i>Entrainer</i>	173

Gambar C.30 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap	173
Gambar C.31 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	174
Gambar C.32 Optimasi Ketujuh Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap.....	174
Gambar C.33 Optimasi Ketujuh Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	175
Gambar C.34 Optimasi Ketujuh Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk <i>Entrainer</i>	175
Gambar C.35 Optimasi Ketujuh Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap	176
Gambar C.36 Optimasi Ketujuh Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	176
Gambar C.37 Optimasi Kedelapan Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap.....	177
Gambar C.38 Optimasi Kedelapan Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	177
Gambar C.39 Optimasi Kedelapan Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk <i>Entrainer</i>	178
Gambar C.40 Optimasi Kedelapan Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap.....	178
Gambar C.41 Optimasi Kedelapan Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	179
Gambar C.42 Optimasi Kesembilan Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap.....	179
Gambar C.43 Optimasi Kesembilan Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	180
Gambar C.44 Optimasi Kesembilan Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk <i>Entrainer</i>	180
Gambar C.45 Optimasi Kesembilan Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap.....	181
Gambar C.46 Optimasi Kesembilan Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	181
Gambar C.47 Hasil Perbandingan Kolom Konvensional Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi <i>Entrainer</i> Air.....	182
Gambar C.48 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	182
Gambar C.49 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzne</i> Letak Masuk Umpan	183

Gambar C.50 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	183
Gambar C.51 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	184
Gambar C.52 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	184
Gambar C.53 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	185
Gambar C.54 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	185
Gambar C.55 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	186
Gambar C.56 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	186
Gambar C.57 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	187
Gambar C.58 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	187
Gambar C.59 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	188
Gambar C.60 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entraine</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	188
Gambar C.61 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	189
Gambar C.62 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	189
Gambar C.63 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	190
Gambar C.64 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	190
Gambar C.65 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	191
Gambar C.66 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	191
Gambar C.67 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	192
Gambar C.68 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	192
Gambar C.69 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	193

Gambar C.70 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	193
Gambar C.71 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	194
Gambar C.72 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	194
Gambar C.73 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	195
Gambar C.74 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	195
Gambar C.75 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	196
Gambar C.76 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Jumlah tahap	196
Gambar C.77 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	197
Gambar C.78 Optimasi Ketujuh Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	197
Gambar C.79 Optimasi Ketujuh Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	198
Gambar C.80 Optimasi Ketujuh Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	198
Gambar C.81 Optimasi Ketujuh Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	199
Gambar C.82 Optimasi Ketujuh Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	199
Gambar C.83 Optimasi Kedelapan Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	200
Gambar C.84 Optimasi Kedelapan Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	200
Gambar C.85 Optimasi Kedelapan Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	201
Gambar C.86 Optimasi Kedelapan Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	201
Gambar C.87 Optimasi Kedelapan Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	202
Gambar C.88 Hasil Perbandingan Kolom Konvensional Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	202
Gambar C.89 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer DMSO</i> Jumlah Tahap.....	203

Gambar C.90 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk Umpan	203
Gambar C.91 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk <i>Entrainer</i>	204
Gambar C.92 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> DMSO Jumlah Tahap.....	204
Gambar C.93 Optimasi Pertama Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk Umpan	205
Gambar C.94 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Jumlah Tahap.....	205
Gambar C.95 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk Umpan	206
Gambar C.96 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk <i>Entrainer</i>	206
Gambar C.97 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Jumlah Tahap.....	207
Gambar C.98 Optimasi Kedua Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk Umpan	207
Gambar C.99 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Jumlah Tahap.....	208
Gambar C.100 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk Umpan	208
Gambar C.101 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk <i>Entrainer</i>	209
Gambar C.102 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> DMSO Jumlah Tahap.....	209
Gambar C.103 Optimasi Ketiga Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk Umpan	210
Gambar C.104 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Jumlah Tahap.....	210
Gambar C.105 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk Umpan	211
Gambar C.106 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk <i>Entrainer</i>	211
Gambar C.107 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> DMSO Jumlah Tahap.....	212
Gambar C.108 Optimasi Keempat Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk Umpan	212
Gambar C.109 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Jumlah Tahap.....	213

Gambar C.110 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk Umpan	213
Gambar C.111 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk <i>Entrainer</i>	214
Gambar C.112 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> DMSO Jumlah Tahap.....	214
Gambar C.113 Optimasi Kelima Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk Umpan	215
Gambar C.114 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Jumlah Tahap.....	215
Gambar C.115 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk Umpan	216
Gambar C.116 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Pertama <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk <i>Entrainer</i>	216
Gambar C.117 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> DMSO Jumlah Tahap.....	217
Gambar C.118 Optimasi Keenam Kolom Konvensional Kolom Kedua <i>Entrainer</i> DMSO Letak Masuk Umpan	217
Gambar C.119 Hasil Perbandingan Kolom Konvensional Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi <i>Entrainer</i> DMSO	218
Gambar C.120 Optimasi Pertama EDWC <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap.....	218
Gambar C.121 Optimasi Pertama EDWC <i>Entrainer</i> Air Panjang Sekat	219
Gambar C.122 Optimasi Pertama EDWC <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk Umpan	219
Gambar C.123 Optimasi Pertama EDWC <i>Entrainer</i> Air Letak Masuk <i>Entrainer</i>	220
Gambar C.124 Optimasi Kedua EDWC <i>Entrainer</i> Air Jumlah Tahap	220
Gambar C.125 Hasil Perbandingan EDWC Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi <i>Entrainer</i> Air	221
Gambar C.126 Optimasi Pertama EDWC <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap.....	221
Gambar C.127 Optimasi Pertama EDWC <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Panjang Sekat.....	222
Gambar C.128 Optimasi Pertama EDWC <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	222
Gambar C.129 Optimasi Pertama EDWC <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	223
Gambar C.130 Optimasi Kedua EDWC <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	223
Gambar C.131 Optimasi Kedua EDWC <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Panjang Sekat	224
Gambar C.132 Optimasi Kedua EDWC <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	224
Gambar C.133 Optimasi Kedua EDWC <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	225
Gambar C.134 Optimasi Ketiga EDWC <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	225
Gambar C.135 Optimasi Ketiga EDWC <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Panjang Sekat.....	226
Gambar C.136 Optimasi Ketiga EDWC <i>Entrainer</i> <i>Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	226

Gambar C.137 Optimasi Ketiga EDWC <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	227
Gambar C.138 Optimasi Keempat EDWC <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	227
Gambar C.139 Optimasi Keempat EDWC <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Panjang Sekat	228
Gambar C.140 Optimasi Keempat EDWC <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	228
Gambar C.141 Optimasi Keempat EDWC <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	229
Gambar C.142 Optimasi Kelima EDWC <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap	229
Gambar C.143 Optimasi Kelima EDWC <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Panjang Sekat	230
Gambar C.144 Optimasi Kelima EDWC <i>Etrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	230
Gambar C.145 Optimasi Kelima EDWC <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	231
Gambar C.146 Optimasi Keenam EDWC <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Jumlah Tahap.....	231
Gambar C.147 Optimasi Keenam EDWC <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Panjang Sekat	232
Gambar C.148 Optimasi Keenam EDWC <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk Umpan	232
Gambar C.149 Optimasi Keenam EDWC <i>Entrainer Chlorobenzene</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	233
Gambar C.150 Hasil Perbandingan EDWC Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	233
Gambar C.151 Optimasi Pertama EDWC <i>Entrainer DMSO</i> Jumlah Tahap	234
Gambar C.152 Optimasi Pertama EDWC <i>Entrainer DMSO</i> Panjang Sekat	234
Gambar C.153 Optimasi Pertama EDWC <i>Entraine DMSO</i> Letak Masuk Umpan.....	235
Gambar C.154 Optimasi Pertama EDWC <i>Entrainer DMSO</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	235
Gambar C.155 Optimasi Kedua EDWC <i>Entrainer DMSO</i> Jumlah Tahap	236
Gambar C.156 Optimasi Kedua EDWC <i>Entrainer DMSO</i> Letak Masuk <i>Entrainer</i>	236
Gambar C.157 Hasil Perbandingan EDWC Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi.....	237
Gambar C.158 Perbandingan Nilai TAC Kolom Konvensional	237
Gambar C.159 Perbandingan Nilai TAC EDWC.....	238
Gambar C.160 Perbandingan Biaya Kolom untuk Kolom Konvensional dengan EDWC	238
Gambar C.161 Perbandingan <i>Capital Cost</i> untuk Kolom Konvensional dengan EDWC	239
Gambar C.162 Perbandingan Biaya Energi untuk Kolom Konvensional dengan EDWC	239
Gambar C.163 Perbandingan Nilai TAC untuk Kolom Konvensional dengan EDWC....	240

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Aseton (LembarDataKeselamatanBahan, 2017)	10
Tabel 2.2 Karakteristik Metanol (Valtech, 2012).....	10
Tabel 2.3 Karakteristik Air (LabChem, 2012)	17
Tabel 2.4 Hasil Studi Setiadi dan Saputra dengan Wu (Setiadi dan Saputra, 2019).....	18
Tabel 2.5 Karakteristik <i>Chlorobenzne</i> (Thermo Fisher Scientific, 2009)	18
Tabel 2.6 Karakteristik DMSO (Thermo Fisher Scientific, 2009)	20
Tabel 2.7. Hasil Studi Setiadi dan Saputra dengan Wu (Setiadi dan Saputra, 2019).....	26
Tabel 2.8 Harga <i>Steam</i> berdasarkan Wu (2013).....	29
Tabel 2.9 Harga <i>Steam</i> berdasarkan Wang (2014)	29
Tabel 3.1 Data Literatur Distilasi Ekstraktif Pemisahan Aseton - Metanol <i>Entrainer</i> Air (Setiadi dan Saputra, 2019).....	31
Tabel 3.2 Data Literatur Distilasi Ekstraktif Pemisahan Aseton - Metanol <i>Entrainer Chlorobenzene</i> (Luyben, 2010).....	31
Tabel 3.2 Data Literatur Distilasi Ekstraktif Pemisahan Aseton - Metanol <i>Entrainer Chlorobenzene</i> (Luyben, 2010) (lanjutan).....	32
Tabel 3.3 Data Literatur Distilasi Ekstraktif Pemisahan Aseton - Metanol <i>Entrainer</i> DMSO (Luyben, 2010).....	32
Tabel 3.4 Aturan Heuristik dalam Melakukan Desain Awal <i>Extractive Dividing Wall Column</i> (Kiss, 2013).....	33
Tabel 3.6 Jadwal Kerja Studi.....	36
Tabel 4.1 Data Tahap Setiap Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional dengan <i>Entrainer</i> Air.....	44
Tabel 4.2 Perbandingan Simulasi Konvensional Data Aspen Plus Setelah Optimasi dengan Simulasi Setiadi-Saputra (2019) <i>Entrainer</i> Air	46
Tabel 4.3 Data Tahap Setiap Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	47
Tabel 4.4 Perbandingan Simulasi Konvensional Data Aspen Plus Setelah Optimasi dengan Simulasi Luyben (2010) <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	49
Tabel 4.5 Data Tahap Setiap Kolom Distilasi Ekstraktif Konvensional dengan <i>Entrainer</i> DMSO.....	50
Tabel 4.6 Perbandingan Simulasi Konvensional Data Aspen Plus Setelah Optimasi dengan Simulasi Luyben (2010) <i>Entrainer</i> DMSO	52
Tabel 4.7 Data Aliran Masuk EDWC dengan <i>Entrainer</i> Air	57
Tabel 4.8 Perbandingan Simulasi EDWC Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi <i>Entrainer</i> Air	59

Tabel 4.8 Perbandingan Simulasi EDWC Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi <i>Entrainer</i> Air (lanjutan).....	60
Tabel 4.9 Data Aliran Masuk EDWC dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	61
Tabel 4.10 Data Hasil Simulasi EDWC dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	64
Tabel 4.11 Data Aliran Masuk EDWC dengan <i>Entrainer DMSO</i>	65
Tabel 4.12 Data Hasil Simulasi EDWC dengan <i>Entrainer DMSO</i>	67
Tabel 4.13 Data Hasil Studi Sebelum Optimasi Kolom Konvensional dan EDWC dengan <i>Entrainer Air</i>	69
Tabel 4.13 Data Hasil Studi Sebelum Optimasi Kolom Konvensional dan EDWC dengan <i>Entrainer Air</i> (lanjutan).....	70
Tabel 4.14 Data Hasil Studi Setelah Optimasi Kolom Konvensional dan EDWC dengan <i>Entrainer Air</i>	70
Tabel 4.15 Data Hasil Studi Sebelum Optimasi Kolom Konvensional dan EDWC dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	71
Tabel 4.16 Data Hasil Studi Setelah Optimasi Kolom Konvensional dan EDWC dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	71
Tabel 4.17 Data Hasil Studi Sebelum Optimasi Kolom Konvensional dan EDWC dengan <i>Entrainer DMSO</i>	72
Tabel 4.18 Data Hasil Studi Setelah Optimasi Kolom Konvensional dan EDWC dengan <i>Entrainer DMSO</i>	72
Tabel 4.18 Data Hasil Studi Setelah Optimasi Kolom Konvensional dan EDWC dengan <i>Entrainer DMSO</i> (lanjutan)	73
Tabel 4.19 Data Jumlah Tahap Setiap <i>Entrainer</i> Pada Kolom Konvensional dan EDWC.	74
Tabel 4.20 Data Besar Diameter (m) Setiap <i>Entrainer</i> Pada Kolom Konvensional dan EDWC	74
Tabel 4.21 Biaya Alat dengan <i>Entrainer Air</i>	76
Tabel 4.22 Biaya Alat dengan <i>Entrainer Chlorobenzene</i>	76
Tabel 4.23 Biaya Alat dengan <i>Entrainer DMSO</i>	77
Tabel 4.24 Data Beban <i>Reboiler</i> (kW) Setiap <i>Entrainer</i>	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Distilasi adalah pemisahan untuk 2 campuran atau lebih ke dalam fraksi komponennya dari kemurnian yang diinginkan berdasarkan perbedaan titik didih serta volatilitas antar komponen. Distilasi hanya dapat memisahkan suatu campuran hanya jika ketika fasa uap dan fasa cair berada pada kesetimbangan, kesetimbangan tersebut dinamakan kesetimbangan uap-cair. Azeotrop adalah campuran komponen kimia yang memiliki komposisi identik fasa cair dan gas dalam kesetimbangan satu sama lain. Fenomena azeotrop terjadi karena interaksi molekular antara berbagai komponen kimia (Luyben, 2010).

Pada studi ini, metode yang akan digunakan untuk memisahkan campuran azeotrop aseton-metanol adalah distilasi ekstraktif. Dalam bidang industri, penggunaan distilasi ekstraktif kurang efektif sehingga biaya yang dikeluarkan cukup besar. Kiss (2012) menjelaskan bahwa adanya metode yang dapat mengurangi energi sebesar 20-30% yaitu *extractive dividing wall column* (EDWC) yang merupakan modifikasi dari distilasi ekstraktif. Dalam studi ini akan memfokuskan pengaruh *entrainer* jika digunakan *entrainer* yang berbeda pada proses pemisahan campuran azeotrop yang sama pada *dividing wall column*.

Setiadi dan Saputra (2019) melakukan studi simulasi distilasi ekstraktif lalu diteruskan dengan kajian terhadap penggunaan EDWC pada studi Wu (2013). *Entrainer* yang digunakan untuk memisahkan aseton-metanol adalah air. Menurut Setiadi dan Saputra (2019) penggunaan EDWC pada studi Wu (2013) kurang efektif untuk diaplikasikan dalam industri. Setelah melakukan studi, Setiadi dan Saputra (2019) mendapatkan hasil bahwa dengan sistem *dividing wall column* dapat mengurangi nilai TAC sebesar 9,6%, beban *reboiler* sebesar 8,3%, nilai *capital cost* 14,1%, dan biaya energi 8,3%.

Hasil yang diberikan oleh Setiadi dan Saputra (2019) adalah pemisahan aseton-metanol dengan air sebagai *entrainer*. Dengan adanya berbagai jenis *entrainer*, dalam studi ini akan melakukan analisa pengaruh jenis *entrainer* dan melakukan perbandingan hasil jika menggunakan *entrainer* yang berbeda, yaitu : air, *chlorobenzene*, dan *dimethyl sulfoxide* (DMSO) terhadap metode distilasi ekstraktif konvensional dan *extractive dividing wall column*.

1.2 Tema Sentral Masalah

Pemisahan campuran azeotrop aseton–metanol akan dipisahkan menggunakan metode distilasi ekstraktif lalu dilanjutkan menggunakan *extractive dividing wall column* (EDWC) karena penggunaan dinding pemisah dapat menghemat energi 20-30% dan nilai *total annual cost* (TAC). Metode distilasi ekstraktif memerlukan komponen ketiga atau *entrainer* untuk membantu proses pemisahan, jenis *entrainer* yang digunakan dapat mempengaruhi hasil dari proses tersebut. Maka, akan dilakukan simulasi menggunakan aplikasi Aspen Plus untuk dapat mengetahui pengaruh jenis *entrainer* pada proses konvensional maupun EDWC.

1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana desain awal untuk *extractive dividing wall column* pada pemisahan campuran azeotrop aseton-metanol dengan menggunakan tiga jenis pelarut berbeda?
2. Apakah dengan menggunakan dinding pemisah lebih efektif dibandingkan dengan desain distilasi ekstraktif konvensional?
3. Berapakah nilai perbandingan biaya *capital*, biaya energi, dan nilai TAC distilasi ekstraktif konvensional dengan *extractive dividing wall column*?
4. Jenis pelarut apa yang paling efektif untuk memisahkan campuran aseton-metanol?

1.4 Premis

1. Pada kolom distilasi ekstraktif konvensional untuk pemisahan campuran aseton–metanol dengan menggunakan air sebagai *entrainer* memiliki jumlah tahap 57 untuk kolom pertama dan 26 tahap untuk kolom kedua. Letak umpan masuk terletak pada tahap ke-40 dan letak *entrainer* masuk pada tahap ke-25 pada kolom pertama sedangkan pada kolom kedua letak umpan masuk pada tahap ke-14 (Setiadi dan Saputra, 2019).
2. Pada kolom distilasi ekstraktif konvensional untuk pemisahan campuran aseton-metanol dengan menggunakan DMSO sebagai *entrainer* memiliki jumlah tahap 37 untuk kolom pertama dan 17 tahap untuk kolom kedua. Letak umpan masuk terletak pada tahap ke-24 dan letak *entrainer* masuk pada tahap ke-4 pada kolom pertama sedangkan pada kolom kedua letak umpan masuk pada tahap ke-8 (Luyben, 2010).
3. Pada kolom distilasi ekstraktif konvensional untuk pemisahan campuran aseton–metanol dengan menggunakan *chlorobenzene* sebagai *entrainer* memiliki jumlah tahap 45 untuk kolom pertama dan 18 tahap untuk kolom kedua. Letak umpan masuk terletak pada tahap ke-33 dan letak *entrainer* masuk pada tahap ke-17 pada kolom pertama sedangkan pada kolom kedua letak umpan masuk pada tahap ke-10 (Luyben, 2010).

4. Pada sistem *extractive dividing wall column* (EDWC) untuk pemisahan campuran aseton-metanol dengan menggunakan air sebagai *entrainer* memiliki jumlah tahap total 70 tahap. Letak umpan masuk terletak pada tahap ke-40 dan letak *entrainer* masuk pada tahap ke-25 (Setiadi dan Saputra, 2019).
5. Konfigurasi *dividing wall column* dapat mengurangi penggunaan energi sebesar 20-30% (Kiss,2013).

1.5 Tujuan Studi

1. Membuat desain awal *extractive dividing wall column* pada pemisahan campuran aseton-metanol dengan tiga jenis *entrainer* berbeda dari data distilasi ekstraktif konvensional.
2. Menghitung nilai ekonomi (biaya *capital*, biaya energi, nilai TAC) pada distilasi ekstraktif konvensional dan *extractive dividing wall column*.
3. Menentukan jenis pelarut terbaik pada setiap sistem (kolom distilasi ekstraktif konvensional dan *extractive dividing wall column*).
4. Membandingkan nilai ekonomis penggunaan kolom distilasi ekstraktif konvensional dengan *extractive dividing wall column* pada pemisahan aseton-metanol.

1.6 Manfaat Studi

1.6.1 Manfaat Bagi Industri

1. Menjadi informasi dalam bidang industri khususnya dalam penggunaan distilasi untuk pemisahan campuran azeotrop aseton-metanol.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh jenis *entrainer* untuk memisahkan campuran azeotrop aseton-metanol.
3. Memberikan informasi baru untuk penerapan penggunaan *extractive dividing wall column* dalam bidang industri.

1.6.2 Manfaat Bagi Masyarakat

1. Menambah wawasan dan pembelajaran bagi masyarakat mengenai *extractive distillation* maupun keefektifan dari *extractive dividing wall column*.
2. Menambah informasi mengenai pengaruh dari jenis *entrainer* untuk pemisahan campuran azeotrop aseton-metanol.

1.6.3 Manfaat Bagi Ilmuan

1. Memberikan informasi terkait simulasi *extractive distillation* dan *extractive dividing wall column* dengan menggunakan Aspen Plus.
2. Memberikan informasi dan wawasan baru mengenai pengaruh jenis *entrainer* terhadap pemisahan campuran azeotrop aseton-metanol.

1.6.4 Manfaat Bagi Pemerintah

1. Studi pemisahan campuran azeotrop aseton-metanol ini diharapkan dapat menjadi inovasi maupun terobosan baru bagi dunia industri dalam negeri.