

# **OPTIMASI SIMULTAN KOLOM DISTILASI BIASA DAN DWC UNTUK PEMURNIAN FENOL**

## **Proposal Penelitian**

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

Oleh:

**Timothy Jordan Halomoan** (2014620082)

Pembimbing:

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



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2019**

# **OPTIMASI SIMULTAN KOLOM DISTILASI BIASA DAN DWC UNTUK PEMURNIAN FENOL**

## **Proposal Penelitian**

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

Oleh:

**Timothy Jordan Halomoan (2014620082)**

Pembimbing:

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




**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2019**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL: OPTIMASI SIMULTAN KOLOM DISTILASI BIASA DAN DWC UNTUK PEMURNIAN FENOL.**

**CATATAN:**



Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 3 Desember 2019

Pembimbing

**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 : Timothy Jordan Halomoan

NRP : 2014620082

Dengan ini menyatakan bahwa proposal penelitian yang berjudul :

**OPTIMASI SIMULTAN KOLOM DISTILASI BIASA DAN DWC UNTUK  
PEMURNIAN FENOL.**

adalah hasil pekerjaan saya, dan seluruh ide, pendapat, atau 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 peraturan yang berlaku.

Bandung, 3 Desember 2019

Timothy Jordan Halomoan  
(2014620082)

## **LEMBAR REVISI**

**JUDUL: OPTIMASI SIMULTAN KOLOM DISTILASI BIASA DAN DWC UNTUK PEMURNIAN FENOL.**

**CATATAN:**



Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 3 Desember 2019

Dosen Penguji 1,

Dosen Penguji 2,

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

**Putri Ramadhany, S.T., M.Sc., P.D.Eng.**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian berjudul **“Optimasi Simultan Kolom Distilasi Biasa dan DWC Untuk Pemurnian Fenol”** ini tepat pada waktunya. Penulisan penelitian ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah CHE 183640-02 Proposal Penelitian dan Seminar Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

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

1. I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dalam penyusunan penelitian ini.
2. Orang tua serta keluarga penulis atas doa dan dukungannya baik secara moral maupun material.
3. Seluruh dosen teknik kimia Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan pengetahuan mengenai cara untuk menyusun proposal penelitian ini.
4. 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 penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhir kata, penulis berharap agar laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah .....	1
1.3 Identifikasi Masalah .....	2
1.4 Premis .....	2
1.5 Hipotesis .....	2
1.6 Tujuan Penelitian.....	2
1.7 Manfaat Penelitian.....	2
1.7.1 Manfaat bagi Industri .....	2
1.7.2 Manfaat bagi Ilmu Pengetahuan .....	3
1.7.3 Manfaat bagi Indonesia .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Proses Pembuatan Fenol dari <i>Cumene</i> .....	4
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	7
2.2.1 <i>Cumene</i> .....	7
2.2.2 Fenol.....	8
2.2.3 Aseton.....	8
2.2.4 <i>Acetophenone</i> .....	8
2.2.5 <i>Alpha Methyl Styrene</i> .....	9
2.3 Distilasi.....	9
2.3.1 Keseimbangan Uap Cair.....	10
2.4 <i>Divided Wall Column</i> .....	12
2.4.1 Heuristik dan Parameter pada Desain DWC .....	14
2.5 Model Termodinamika .....	15

2.6 Simulator <i>Aspen Plus</i> <sup>®</sup> .....	17
2.6.1 Model Kolom.....	17
2.7 <i>Total Annual Cost</i> .....	18
2.7.1 Biaya Alat.....	19
2.7.1.1 Biaya Total Kolom .....	19
2.7.1.2 Biaya Kondensor dan Reboiler.....	19
2.7.1.3 <i>Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)</i> .....	20
2.7.1.4 Biaya Sekat .....	20
2.7.2 Biaya Energi .....	20
2.7.3 Perhitungan TAC.....	21
2.8 Teknik Optimasi <i>Divided Wall Column</i> .....	21
BAB III METODE PENELITIAN .....	22
3.1 Simulai Kolom Distilasi Konvensional .....	22
3.2 Simulasi dan Optimasi Desain dengan DWC.....	23
3.3 Evaluasi dan Perbandingan Nilai TAC.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Simulai Kolom Distilasi Konvensional .....	25
4.2 Simulasi dan Optimasi <i>Dividing Wall Column</i> .....	30
4.2.1 Simulasi <i>Dividing Wall Column</i> .....	30
4.2.2 Optimasi <i>Dividing Wall Column</i> .....	34
4.2.2.1 Optimasi Jumlah Tahap Kolom Pertama.....	34
4.2.2.2 Optimasi Letak Umpan Masuk Kolom Pertama .....	35
4.2.2.3 Optimasi Jumlah Tahap Kolom Kedua .....	36
4.2.2.4 Optimasi Letak Umpan Masuk Kolom Kedua .....	37
4.2.2.5 Optimasi Jumlah Tahap Kolom Ketiga .....	38
4.2.2.6 Optimasi Kembali Seluruh Variabel.....	39
4.3 Evaluasi dan Perbandingan Nilai TAC.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran .....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN .....	48
A.1 Perhitungan CE Index.....	48
A.2 Perhitungan Biaya Distilasi Kolom Konvensional .....	48



A.2.1 Kolom 1 .....	48
A.2.2 Perhitungan Biaya Alat Kondensor .....	48
A.2.2.1 Kolom 1 .....	48
A.2.3 Perhitungan Biaya Alat <i>Reboiler</i> .....	49
A.2.3.1 Kolom 1 .....	49
A.2.5 Perhitungan Biaya Energi .....	50
A.2.6 Perhitungan TAC .....	50
A.3 Perhitungan Biaya Distilasi DWC .....	51
A.3.1 Perhitungan Biaya Kolom Atas .....	51
A.3.2 Perhitungan Biaya Sekat .....	51
A.3.3 Perhitungan Biaya Kolom Bawah .....	53
A.3.4 Perhitungan Biaya Alat Kondensor .....	53
A.3.4.1 Kolom 2 .....	53
A.3.5 Perhitungan Biaya Alat <i>Reboiler</i> .....	54
A.3.5.1 Kolom 3 .....	54
A.3.6 Perhitungan Biaya Energi .....	54
A.3.7 Perhitungan TAC .....	55
LAMPIRAN B HASIL ANTARA .....	56
B.1 Perhitungan <i>Total Annual Cost</i> Distilasi Kolom Konvensional .....	56
B.2 Perhitungan <i>Total Annual Cost</i> Distilasi DWC .....	56
B.2.1 Optimasi Awal .....	56
B.2.1.1 Jumlah Tahap Kolom 1 .....	56
B.2.1.2 Letak Umpan Masuk Kolom 1 .....	56
B.2.1.3 Jumlah Tahap Kolom 2 .....	57
B.2.1.4 Letak Umpan Masuk Kolom 2 .....	58
B.2.1.5 Jumlah Tahap Kolom 3 .....	58
B.2.2 Optimasi Akhir .....	59
B.2.2.1 Jumlah Tahap Kolom 1 .....	59
B.2.2.2 Letak Umpan Masuk Kolom 1 .....	59
B.2.2.3 Jumlah Tahap Kolom 2 .....	59
B.2.2.4 Letak Umpan Masuk Kolom 2 .....	59
B.2.2.5 Jumlah Tahap Kolom 3 .....	59
LAMPIRAN C GRAFIK .....	60
C.1 Optimasi Awal DWC .....	60

C.1.1 Jumlah Tahap Kolom 1 .....	60
C.1.2 Letak Masuk Umpan Kolom 1 .....	61
C.1.3 Jumlah Tahap Kolom 2 .....	63
C.1.4 Letak Umpan Masuk Kolom 2 .....	64
C.1.5 Jumlah Tahap Kolom 3 .....	66
C.2 Optimasi Akhir DWC .....	67
C.2.1 Jumlah Tahap Kolom 1 .....	67
C.2.2 Letak Umpan Masuk Kolom 1 .....	69
C.2.3 Jumlah Tahap Kolom 2 .....	70
C.2.4 Letak Umpan Masuk Kolom 2 .....	72
C.2.5 Jumlah Tahap Kolom 3 .....	73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tahapan Proses Produksi Fenol dari <i>Cumene</i> (Nptel.ac.in, 2019) .....	4
Gambar 2.2 Pembentukan Fenol dan Aseton dari Cumene Hydroperoxide (Quimica, .....	5
Gambar 2.3 Pembentukan <i>Alpha Methyl Styrene</i> dari <i>Dimethyl Phenyl Carbinol</i> (Quimica, 2009).....	5
Gambar 2.4 Proses Pembuatan Fenol dengan <i>Dividing Wall Column</i> .....	6
Gambar 2.5 <i>Thermal Coupling</i> Pada <i>Direct Sequence</i> (Smith, 2005).....	7
Gambar 2.6 Skema Alat Kolom Distilasi (Kiss, 2013) .....	10
Gambar 2.7 Skema Kesenjangan Uap Cair pada Kolom Distilasi (Budiman, 2015).....	11
Gambar 2.8 Skema Konfigurasi Kolom Distilasi <i>Direct Sequence</i> dan <i>Indirect Sequence</i> pada Pemisahan Tiga Komponen (Smith, 2005) .....	12
Gambar 2.9 Skema Konfigurasi Kolom Petlyuk (Kiss, 2013) .....	13
Gambar 2.10 Skema <i>Divided Wall Column</i> (Kiss, 2013).....	14
Gambar 2.11 Pembagian nomor pada DWC (Asprion dan Kaibel, 2010) .....	15
Gambar 2.12 Petunjuk Pemilihan Model Termodinamika (Aspen Plus User Guide, 2000)16	
Gambar 2.13 Rekomendasi Model Termodinamika (Aspen Plus User Guide, 2000) .....	16
Gambar 3.1 Tahap-Tahap Simulasi Penelitian .....	22
Gambar 3.2 Simulasi Kombinasi Kolom Distilasi Biasa dengan DWC.....	23
Gambar 3.3 Langkah Pengoptimasian Secara Keseluruhan .....	24
Gambar 4.1 <i>Flowsheet</i> Simulasi Distilasi Konvensional dengan Kolom DSTWU .....	25
Gambar 4.2 Data Spesifikasi Umpan Distilasi Konvensional dengan Kolom DSTWU .....	25
Gambar 4.3 Data Spesifikasi Kolom Pertama Distilasi Konvensional dengan Kolom DSTWU .....	26
Gambar 4.4 Data Spesifikasi Kolom Kedua Distilasi Konvensional dengan Kolom DSTWU .....	27
Gambar 4.5 Data Spesifikasi Kolom Ketiga Distilasi Konvensional dengan Kolom DSTWU .....	27
Gambar 4.6 (a) Data Spesifikasi Kolom Pertama RadFrac (b) Data <i>Streams</i> Letak Umpan .....	28
Gambar 4.7 (a) Data Spesifikasi Kolom Kedua RadFrac (b) Data <i>Streams</i> Letak Umpan.	29
Gambar 4.8 (a) Data Spesifikasi Kolom Ketiga RadFrac (b) Data <i>Streams</i> Letak Umpan	29
Gambar 4.9 <i>Flowsheet</i> Simulasi Pemurnian Fenol dengan DWC .....	31
Gambar 4.10 (a) Data Spesifikasi Kolom Pertama (1) DWC (b) Data <i>Streams</i> Letak Umpan .....	31
Gambar 4.11 (a) Data Spesifikasi Kolom Kedua (2) DWC (b) Data <i>Streams</i> Letak Umpan .....	32

Gambar 4.12 (a) Data Spesifikasi Kolom Keempat (4) DWC (b) Data <i>Streams</i> Letak Umpan .....	33
Gambar 4.13 (a) Data Spesifikasi Kolom Ketiga (3) DWC (b) Data <i>Streams</i> Letak Umpan .....	33
Gambar 4.14 Hasil Optimasi TAC terhadap Jumlah Tahap Kolom Pertama.....	35
Gambar 4.15 Hasil Optimasi TAC terhadap Letak Umpan Masuk Kolom Pertama .....	36
Gambar 4.16 Hasil Optimasi TAC terhadap Jumlah Tahap Kolom Kedua .....	37
Gambar 4.17 Hasil Optimasi TAC terhadap Letak Umpan Masuk Kolom Kedua .....	38
Gambar 4.18 Hasil Optimasi TAC terhadap Jumlah Tahap Kolom Ketiga .....	39
Gambar 4.19 Hasil Optimasi Global TAC terhadap Jumlah Tahap Kolom Pertama.....	40
Gambar 4.20 Hasil Optimasi Global TAC terhadap Letak Umpan Masuk Kolom Pertama .....	41
Gambar 4.21 Hasil Optimasi Global TAC terhadap Jumlah Tahap Kolom Kedua .....	42
Gambar 4.22 Hasil Optimasi Global TAC terhadap Letak Umpan Masuk Kolom Kedua .	42
Gambar 4.23 Hasil Optimasi Global TAC terhadap Jumlah Tahap Kolom Ketiga .....	43
Gambar C.1 Jumlah Tahap Kolom 1 terhadap Nilai TAC .....	60
Gambar C.2 Jumlah Tahap Kolom 1 terhadap <i>Capital Cost</i> .....	60
Gambar C.3 Jumlah Tahap Kolom 1 terhadap <i>Energy Cost</i> .....	61
Gambar C.4 Letak Umpan Masuk Kolom 1 terhadap Nilai TAC.....	61
Gambar C.5 Letak Umpan Masuk Kolom 1 terhadap <i>Capital Cost</i> .....	62
Gambar C.6 Letak Umpan Masuk Kolom 1 terhadap <i>Energy Cost</i> .....	62
Gambar C.7 Jumlah Tahap Kolom 2 terhadap Nilai TAC .....	63
Gambar C.8 Jumlah Tahap Kolom 2 terhadap <i>Capital Cost</i> .....	63
Gambar C.9 Jumlah Tahap Kolom 2 terhadap <i>Energy Cost</i> .....	64
Gambar C.10 Letak Umpan Masuk Kolom 2 terhadap Nilai TAC .....	64
Gambar C.11 Letak Masuk Umpan Kolom 2 terhadap <i>Capital Cost</i> .....	65
Gambar C.12 Letak Masuk Umpan Kolom 2 terhadap <i>Energy Cost</i> .....	65
Gambar C.13 Jumlah Tahap Kolom 3 terhadap Nilai TAC .....	66
Gambar C.14 Jumlah Tahap Kolom 3 terhadap <i>Capital Cost</i> .....	66
Gambar C.15 Jumlah Tahap Kolom 3 terhadap <i>Energy Cost</i> .....	67
Gambar C.16 Jumlah Tahap Kolom 1 terhadap Nilai TAC .....	67
Gambar C.17 Jumlah Tahap Kolom 1 terhadap <i>Capital Cost</i> .....	68
Gambar C.18 Jumlah Tahap Kolom 1 terhadap <i>Energy Cost</i> .....	68
Gambar C.19 Letak Umpan Masuk Kolom 1 terhadap Nilai TAC .....	69
Gambar C.20 Letak Umpan Masuk Kolom 1 terhadap <i>Capital Cost</i> .....	69

Gambar C.21 Letak Umpan Masuk Kolom 1 terhadap <i>Energy Cost</i> .....	70
Gambar C.22 Jumlah Tahap Kolom 2 terhadap Nilai TAC .....	70
Gambar C.23 Jumlah Tahap Kolom 2 terhadap <i>Capital Cost</i> .....	71
Gambar C.24 Jumlah Tahap Kolom 2 terhadap <i>Energy Cost</i> .....	71
Gambar C.25 Letak Umpan Masuk Kolom 2 terhadap Nilai TAC .....	72
Gambar C.26 Letak Umpan Masuk Kolom 2 terhadap <i>Capital Cost</i> .....	72
Gambar C.27 Letak Umpan Masuk Kolom 2 terhadap <i>Energy Cost</i> .....	73
Gambar C.28 Jumlah Tahap Kolom 3 terhadap Nilai TAC .....	73
Gambar C.29 Jumlah Tahap Kolom 3 terhadap <i>Capital Cost</i> .....	74
Gambar C.30 Letak Umpan Masuk Kolom 2 terhadap <i>Energy Cost</i> .....	74

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi <i>Cumene</i> (Pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, 2019).....	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Fenol (Ilo.org, 2017).....	8
Tabel 2.3 Spesifikasi Aseton (Lide, 2005).....	8
Tabel 2.4 Spesifikasi <i>Acetophenone</i> (Lide, 2005).....	9
Tabel 2.5 Spesifikasi <i>Alpha Methyl Styrene</i> (Lide, 2005).....	9
Tabel 2.6 CEPCI (Chemengonline.com, 2019).....	20
Tabel 2.7 Harga <i>steam</i> berdasarkan literatur (Wang, 2014).....	20
Tabel 3.1 Komposisi Umpan (Griffing & Overcash, 2016).....	22
Tabel 4.1 Data Literatur Proses Pemurnian Fenol Kolom Konvensional (Griffing & Overcash, 2016).....	28
Tabel 4.2 Perbandingan Kemurnian Antara Hasil Simulasi <i>Aspen Plus</i> <sup>®</sup> dengan Literatur (Griffing & Overcash, 2016).....	30
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan dengan Aturan Heuristik (Kiss, 2013).....	32
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan dengan Aturan Heuristik (Kiss, 2013).....	34
Tabel 4.5 Data Hasil Optimasi.....	44
Tabel 4.6 Perbandingan Nilai TAC.....	44

## INTISARI

Pada pemisahan campuran multikomponen, umumnya dilakukan dengan menggunakan beberapa kolom distilasi konvensional. Pemisahan ini membutuhkan biaya modal serta jumlah energi yang tinggi. Untuk mengatasi kekurangan tersebut, dilakukan inovasi baru dengan menggunakan *Dividing Wall Column* (DWC) dalam industri pemisahan. Penggunaan dari DWC diharapkan dapat menghasilkan biaya operasi dan biaya investasi yang optimum. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari kondisi parameter yang mempengaruhi proses pemurnian fenol seperti jumlah tahap, letak umpan masuk, jumlah tahap DWC bagian atas, letak umpan masuk DWC, dan jumlah tahap DWC bagian bawah untuk mendapatkan nilai *total annual cost* (TAC) yang optimum. Selain itu, diharapkan dapat memahami serta mensimulasikan desain optimum dari kombinasi kolom distilasi biasa dengan DWC untuk menghasilkan nilai TAC yang optimum.

Metode penelitian yang digunakan meliputi optimasi dengan metode *sequential* secara bersamaan antara kolom distilasi biasa dengan *dividing wall column*. Selanjutnya akan dibandingkan analisa ekonomi dengan metode distilasi konvensional. Pada akhirnya, akan dapat menentukan desain yang dapat memberikan nilai *total annual cost* yang paling minimum.

Dari hasil penelitian diketahui distilasi dengan menggunakan DWC dapat menghasilkan penghematan *capital cost* dan *energy cost* secara berturut-turut sebesar 40% dan 2,7% dari distilasi konvensional. Nilai TAC optimum yang dihasilkan sebesar \$ 2.852.032,979/tahun. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan DWC dapat mengurangi TAC yang dipengaruhi dari penghematan *capital cost* dan *energy cost* yang cukup besar.

Kata kunci: Distilasi konvensional, *dividing wall column*, *total annual cost*, optimum.

## ***ABSTRACT***

In multicomponent mixture separation, it is generally carried out using several conventional distillation columns. This separation requires a capital cost and a high amount of energy. To overcome these deficiencies, new innovations are carried out using the Dividing Wall Column (DWC) in the separation industry. The use of DWC is expected to produce optimum operating costs and investment costs. The purpose of this research is to study the parameter conditions that influence the phenol purification process such as the number of stages, location of the incoming feed, the number of top DWC stages, location of the DWC incoming feeds, and the number of bottom DWC stages to get the optimum total annual cost (TAC). In addition, it is expected to understand and simulate the optimum design of a combination of ordinary distillation columns with DWC to produce the optimum TAC value.

The research method used includes optimization with the sequential method simultaneously between distillation columns and dividing wall columns. Furthermore, economic analysis will be compared with conventional distillation methods. In the end, it is expected to determine the best design that can provide the minimum total annual cost.

From the research results it is known that distillation using DWC can produce capital and energy cost savings respectively 40% and 27% from conventional distillation. The optimum TAC value generated is \$ 2,852,032,979 / year. From the results of this study it can be concluded that the use of DWC can reduce TAC which is influenced by capital cost and energy cost savings.

**Keywords:** conventional distillation, dividing wall column, total annual cost, optimum.



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pemisahan merupakan suatu proses penting dalam dunia industri. Melalui proses pemisahan, diharapkan dapat diperoleh suatu produk komponen tertentu dari suatu campuran dengan kemurnian setinggi mungkin. Pada dunia industri saat ini terdapat berbagai jenis proses pemisahan salah satunya adalah distilasi. Distilasi merupakan suatu metode pemisahan termal suatu campuran yang mengandung dua atau lebih komponen, berdasarkan perbedaan titik didih serta tekanan uap tiap komponen.

Pada proses pembuatan fenol berbahan baku *cumene* terdapat proses pemisahan untuk mendapatkan produk akhir berupa fenol dengan konsentrasi yang tinggi. Dalam proses pemisahan, digunakan alat distilasi untuk mendapat fenol sebagai produk utama. Pada proses pemisahan secara konvensional, terdapat 4 kolom distilasi yang digunakan. Namun, pemisahan dengan 4 kolom distilasi ini memerlukan *total annual cost* (TAC) yang cukup besar. Seiring berkembangnya teknologi, proses konvensional tersebut dapat dimodifikasi menjadi 2 kolom dengan menggunakan 1 kolom distilasi biasa dan 1 buah *divided wall column* (DWC). Metode ini dapat meminimalisir TAC sebesar 20-30% (Matijasevic, L., Olujic, Z., and Dejanovic, I, 2010).

Pada penelitian kali ini, optimasi ini dilakukan dengan metode *sequential* secara bersamaan antara kolom distilasi biasa dengan *divided wall column*. Peneliti akan menentukan desain yang dapat memberikan nilai *total annual cost* yang paling minimum.

### **1.2 Tema Sentral Masalah**

Pembuatan fenol dari campuran *cumene* menggunakan distilasi konvensional membutuhkan 4 kolom distilasi dan 8 buah *heat exchanger*, sehingga membutuhkan biaya yang cukup besar. Untuk menanggulangi masalah tersebut dilakukan modifikasi menjadi 1 kolom distilasi biasa dan 1 buah *divided wall column* (DWC) pada proses pemisahan. Oleh karena itu, dilakukan simulasi desain dan optimasi menggunakan aplikasi Aspen Plus<sup>®</sup> untuk mendapat nilai TAC yang minimum.

### 1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh variabel desain (jumlah tahap dan letak umpan masuk) terhadap kinerja dari kolom distilasi yang mempengaruhi *total annual cost*?
2. Bagaimana desain optimum pada proses pemurnian fenol dengan menggunakan DWC untuk mendapat nilai *total annual cost* yang minimum?

### 1.4 Premis

1. Sistem distilasi digunakan untuk memisahkan keluaran dari reaktor dalam proses cumene. Komponen yang dipisahkan dalam sistem ini adalah aseton, air, cumene, AMS, fenol, dan asetofenon (Griffing dan Overcash, 2016).
2. Terdapat tiga kolom konvensional pada sistem distilasi yang akan disimulasikan beroperasi pada tekanan *vacuum*. Kolom 2,3, dan 4 beroperasi pada 0,13 atm. (Griffing dan Overcash, 2016).
3. Umpan memiliki tekanan 1 atm dan temperatur 80 °C (Griffing dan Overcash, 2016).
4. Spesifikasi kemurnian produk diperoleh dari Griffing dan Overcash (2016), dan dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

### 1.5 Hipotesis

1. Penggabungan 2 kolom distilasi menjadi 1 DWC dapat mengurangi TAC.
2. Semakin besar jumlah tahap, akan menghasilkan TAC yang semakin meningkat.
3. Semakin besar letak tahap umpan masuk, akan menghasilkan TAC yang semakin meningkat.

### 1.6 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari kondisi parameter yang mempengaruhi (jumlah tahap, letak umpan masuk, jumlah tahap DWC bagian atas, letak umpan masuk DWC, dan jumlah tahap DWC bagian bawah) dalam proses pemurnian fenol, sehingga diperoleh *total annual cost* (TAC) yang optimum.
2. Memahami dan mensimulasikan desain optimum dari kombinasi kolom distilasi biasa dengan DWC untuk mendapatkan *total annual cost* (TAC) yang optimum.

### 1.7 Manfaat Penelitian

#### 1.7.1 Manfaat bagi Industri

1. Memberikan alternatif baru pada proses pemurnian fenol berbahan baku *cumene*.
2. Sebagai informasi tambahan dalam bidang distilasi dengan menggunakan DWC.

### **1.7.2 Manfaat bagi Ilmu Pengetahuan**

1. Memberikan referensi tambahan pada proses distilasi pemurnian fenol dengan DWC.
2. Dapat memberikan informasi mengenai parameter proses DWC seperti jumlah tahap, letak umpan masuk, *ratio vapor/liquid*, dan tinggi sekat untuk mendapatkan nilai TAC yang optimum.

### **1.7.3 Manfaat bagi Indonesia**

1. Menjadi inovasi baru dalam dunia industri di Indonesia, sehingga dapat diterapkan dan mampu meningkatkan kemajuan industri dalam negeri.