

OPTIMASI KOLOM DISTILASI REAKTIF UNTUK MEMURNIKAN BIOETANOL DENGAN REAKSI HIDRASI ETILEN OKSIDA

Laporan Penelitian

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

oleh :

Melisa Kurniawan

(2017620010)

Pembimbing:

I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T.
Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno, M.Eng.



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

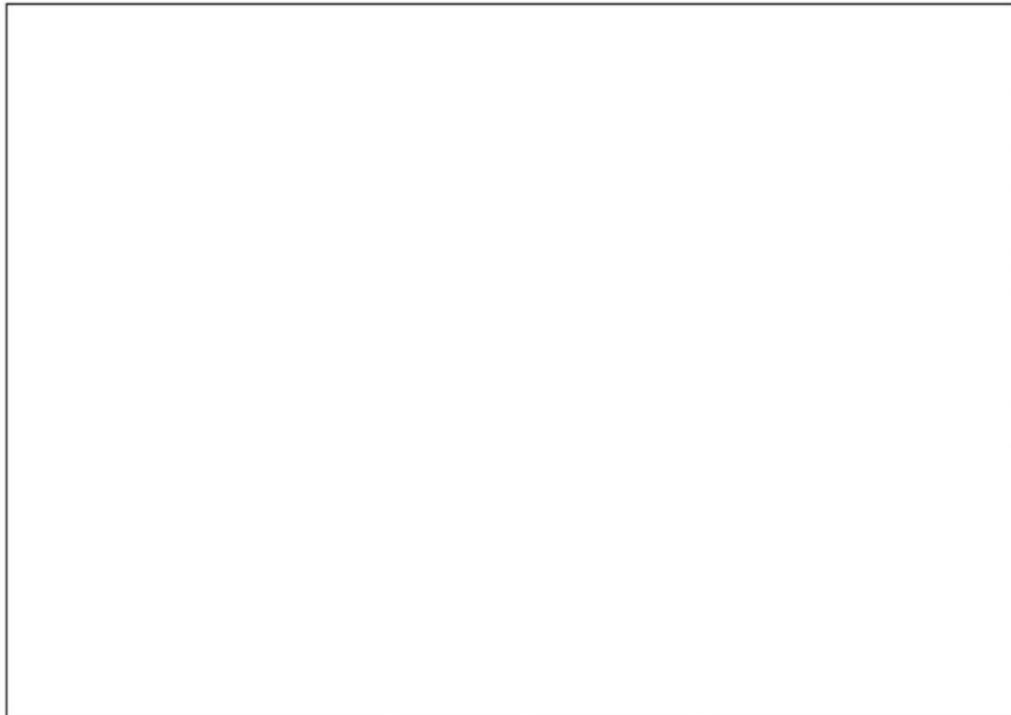
BANDUNG

2021

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : OPTIMASI KOLOM DISTILASI REAKTIF UNTUK
MEMURNIKAN BIOETANOL DENGAN HIDRASI ETILEN
OKSIDA.

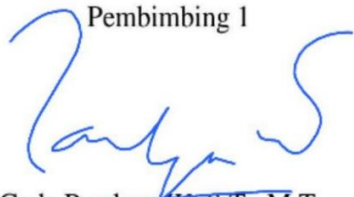
CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 31 Agustus 2021

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



Dr. Ir. Budi Husodo B, M.Eng

LEMBAR REVISI

JUDUL : OPTIMASI KOLOM DISTILASI REAKTIF UNTUK MEMURNIKAN BIOETANOL DENGAN REAKSI HIDRASI ETILEN OKSIDA

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 1 September 2021

Penguji 1



Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D

Penguji 2



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



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Melisa Kurniawan

NRP : 6217010

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**OPTIMASI KOLOM DISTILASI REAKTIF UNTUK MEMURNIKAN
BIOETANOL DENGAN REAKSI HIDRASI ETILEN OKSIDA.**

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 sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 31 Agustus 2021



Melisa Kurniawan

(2017620010)

INTISARI

Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan dengan cara mencampurkannya dengan bensin atau yang biasa disebut sebagai gasohol. Agar dapat digunakan menjadi campuran bahan bakar pengganti minyak bumi harus memiliki kemurnian minimal 99,5%. Sehingga dibuatlah percobaan ini dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah tahap *stripping*, jumlah tahap reaktif, jumlah tahap *enriching*, terhadap *total annual cost* kolom; Mengetahui pengaruh pada rasio refluks dan beban reboiler terhadap kemurnian bioetanol dan mengetahui hasil optimasi desain yang dilakukan terhadap kemurnian bioetanol dan *total annual cost* kolom.

Pada penelitian ini kemudian dilakukan validasi model apakah sesuai literatur atau tidak. Pada penelitian ini dilakukan optimasi desain distilasi reaktif dengan menggunakan reaksi hidrasi etilen oksida pada software Aspen Plus V8.8. Desain dibuat dengan menggunakan model kolom Radfrac dan model termodinamika NRTL. Variabel – variabel desain yang akan disimulasikan pada penelitian ini yaitu jumlah tahap pada bagian *stripping*, reaktif, *enriching*, beban reboiler juga rasio refluks dan variabel output berupa konversi etilen glikol dan bioetanol dan *total annual cost* dari kolom distilasi reaktif.

Pada penelitian umpan bioetanol dengan kemurnian 84% w/w kemudian akan masuk pada tahap 13 sebesar 60 kmol/h dan etilen oksida akan masuk pada tahap 16 sebesar 9,3 kmol/h. Penelitian kemudian akan mengoptimasi jumlah tahap reaktif, *stripping* dan *enriching* sehingga didapat nilai optimasi pada desain kolom distilasi reaktif yaitu 3 tahap *stripping*, 2 tahap reaktif dan 3 tahap *enriching*. diperoleh TAC optimum sebesar \$129.872,00.

Kata kunci: Bioetanol, Distilasi Reaktif, Bahan Bakar.

ABSTRACT

Bioethanol can be used as a vehicle fuel by mixing it with gasoline or commonly referred to as gasohol. In order to be used as a fuel mixture, it must have a purity of at least 99.5%. So this experiment was made with the aim of knowing the effect of the number of stripping stages, the number of reactive stages, the number of enriching stages, on the total annual cost of the column; Knowing the effect of the reflux ratio and reboiler load on the purity of bioethanol and knowing the results of design optimization carried out on the purity of bioethanol and the total annual cost of the column.

In this study, validation of the model was carried out whether it was in accordance with the literature or not. In this research, the reactive distillation design was optimized using the hydration reaction of ethylene oxide in Aspen Plus V8.8 software. The design was made using the Radfrac column model and the NRTL thermodynamic model. The design variables that will be simulated in this study are the number of stages in the stripping, reactive, enriching, reboiler load as well as reflux ratio and output variables in the form of conversion of ethylene glycol and bioethanol and the total annual cost of the reactive distillation column.

In the study, bioethanol feed with a purity of 84% w/w would then enter at stage 13 at 60 kmol/h and ethylene oxide would enter at stage 16 at 9.3 kmol/h. The research will then optimize the number of reactive, stripping and enriching stages so that the optimization value of the reactive distillation column design is obtained, namely 3 stripping stages, 2 reactive stages and 3 enriching stages. obtained the optimum TAC of \$129.872.00.

Keywords: bioethanol, reactive distillation, fuel

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul “Optimasi Kolom Distilasi Reaktif Untuk Memurnikan Bioetanol Dengan Reaksi Hidrasi Etilen Oksida” sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan proposal ini, penulis banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun akhirnya penulis dapat menyelesaikannya dengan baik berkat adanya dukungan, pengarahan serta bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penulis.
2. I Gede Pandega W, S.T., M.T dan Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan proposal penelitian serta memberikan banyak ilmu dan solusi pada setiap permasalahan atas kesulitan dalam penulisan proposal penelitian.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.
4. Seluruh staff Fakultas Teknologi Industri Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian dan membantu memberikan informasi kepada penulis selama proses pembuatan proposal penelitian.
5. Teman–teman seperjuangan saya di Teknik Kimia ini: Hardian Rahmat Dewa, Anthony Tiensun, Stefania Valentina, Tushita Fariyani, Marta Krisilla, Raden Gemelli Rahmadewi, Michael Ciawi, dkk.
6. Untuk teman-teman di Keluarga Mahasiswa Buddhist Parahyangan (KMBP) yang telah mendukung saya secara moral dan spiritual dalam pembuatan proposal penelitian ini.
7. Rekan–rekan seangkatan 2017 mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik yang telah senantiasa memberikan informasi, serta masukan

terkait dengan hal–hal yang berguna dalam penyusunan proposal ini.

8. Semua pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung memberikan saran, kritik, masukan, serta nasihat selama penyusunan proposal penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu–persatu.

Penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini masih banyak kekurangan dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu penulis ingin meminta maaf apabila terdapat penulisan kalimat yang kurang berkenan. Penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya dalam bidang Teknik Kimia.

Bandung, 9 Agustus 2021



Melisa Kurniawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN	ii
LEMBAR REVISI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
INTISARI	x
ABSTRACT	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Premis	3
1.5 Hipotesis	4
1.6 Tujuan Penelitian	4
1.7 Manfaat Penelitian	4
1.7.1 Bagi Pemerintah	4
1.7.2 Bagi Industri	4
1.7.3 Bagi Pendidikan.....	5
1.7.4 Bagi Ilmuwan	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Bahan Baku.....	6
2.1.1 Bioetanol.....	6
2.1.2 Etilen oksida	8
2.2 Pemurnian Bioetanol.....	9
2.2.1 Distilasi.....	9
2.2.2 Distilasi reaktif untuk pemurnian bioethanol.....	12
2.3 Optimasi.....	16
2.4 Aspen Plus V8.8	19
2.4.1 Pemilihan model Termodinamika	19
BAB III	22

METODE PENELITIAN	22
3.1 Studi Pustaka.....	22
3.2 Studi <i>Software</i> Aspen Plus.....	22
3.3 Pembuatan Model Proses	23
3.4 Validasi Model Proses	23
3.5 Simulasi Dan Optimasi Proses	24
3.6 Lokasi dan jadwal Kerja Penelitian.....	28
BAB IV	29
PEMBAHASAN.....	29
4.1 Simulasi Awal dan Validasi	29
4.1.1 Pengaruh Rasio Refluks terhadap Kemurnian Bioetanol	32
4.1.2 Pengaruh Beban Reboiler terhadap Kemurnian Bioetanol.....	33
4.2 Optimasi Model.....	34
4.2.1 Optimasi Jumlah Tahap Reaksi.....	34
4.2.1 Optimasi Jumlah Tahap <i>Stripping</i>	35
4.2.2 Optimasi Jumlah Tahap <i>Enriching</i>	37
4.2.3 Perbandingan Hasil	39
BAB V	41
KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN A	44
CONTOH PERHITUNGAN	44
LAMPIRAN B	47
DATA ANTARA.....	47
LAMPIRAN C	48
GRAFIK.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur molekul etanol.....	7
Gambar 2.2 Rumus bangun etilen oksida	8
Gambar 2.3 Kolom distilasi reaktif.....	13
Gambar 2.4 Diagram equilibrium stage	14
Gambar 2.5 Indeks Chemical Engineering Plant Cost Index	18
Gambar 2.6 Diagram Alir Penentuan Model Termodinamika	20
Gambar 3.1 Algoritma metode penelitian.....	25
Gambar 3.2 Algoritma metode optimasi (lanjutan).	26
Gambar 3.3 Algoritma metode optimasi	27
Gambar 4.1 Desain Model Tavan	30
Gambar 4.2 Profil Temperatur Desain Model Aspen	30
Gambar 4.3 Profil Temperatur Desain Model Tavan.....	31
Gambar 4.4 Pengaruh Rasio Refluks terhadap Kemurnian Bioetanol	32
Gambar 4.5 Pengaruh Beban Reboiler terhadap Kemurnian Bioetanol.....	33
Gambar 4.6 Biaya Kapital Optimasi Tahap Reaktif	34
Gambar 4.7 <i>Total Annual Cost</i> (TAC) Optimasi Tahap Reaktif.....	35
Gambar 4.8 Biaya Kapital Optimasi Tahap <i>Stripping</i>	36
Gambar 4.9 <i>Total Annual Cost</i> (TAC) Optimasi Tahap <i>Stripping</i>	37
Gambar 4.10 Biaya Kapital Optimasi Tahap <i>Enriching</i>	38
Gambar 4.11 <i>Total Annual Cost</i> (TAC) Optimasi Tahap <i>Enriching</i>	39
Gambar C.1 Trial Biaya Kapital Optimasi Reaktif.....	48
Gambar C.2 Trial TAC Optimasi Reaktif.....	48
Gambar C.3 Trial Biaya Kapital Optimasi <i>Stripping</i>	49
Gambar C.4 Trial TAC Optimasi <i>Stripping</i>	49
Gambar C.5 Trial Biaya Kapital Optimasi <i>Enriching</i>	50
Gambar C.6 Trial TAC Optimasi <i>Enriching</i>	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik Etanol	9
Tabel 2.2 Penentuan model termodinamika percobaan	21
Tabel 3.1 Parameter Desain Operasi Pemurnian Bioetanol	23
Tabel 4.2 Hasil Optimasi Tahap Reaktif.....	34
Tabel 4.3 Hasil Optimasi Tahap <i>Stripping</i>	36
Tabel 4.4 Hasil Optimasi Tahap <i>Enriching</i>	38
Tabel 4.4 <i>Total Annual Cost</i> (TAC) Model Optimasi dan Model Literatur Tavan.....	40
Tabel B.1 Trial Optimasi Reaktif.....	47
Tabel B.2 Trial Optimasi <i>Stripping</i>	47
Tabel B.3 Trial Optimasi <i>Enriching</i>	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kebutuhan energi terbaharukan dewasa ini sangat diperlukan karena konsumsi energi yang terus meningkat setiap tahunnya. Kebutuhan energi akan banyak mengandalkan minyak bumi, karena kebutuhan konsumsi dan aktivitas produksi dari berbagai sektor perekonomian dan transportasi. Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya energi yang dapat diperbaharui ataupun yang tidak dapat diperbaharui. Namun sumber daya yang lebih banyak digunakan berasal dari minyak bumi. Dalam menanggapi ketergantungan masyarakat terhadap penggunaan minyak bumi maka diperlukan pengembangan sumber daya pengganti minyak bumi.

Salah satu sumber energi yang dapat menjadi pengganti minyak bumi ialah energi biomassa. Biomassa merupakan bahan organik yang berasal dari makhluk hidup seperti tumbuhan, hewan maupun mikroba. Contoh dari biomassa antara lain yaitu tanaman, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan diantaranya merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga akan menjadi sumber energi yang berkesinambungan. Sumber energi biomassa yang juga dapat mengganti peran minyak bumi ini merupakan bahan yang salah satunya akan cocok untuk membuat bioetanol.

Bioetanol adalah adalah sebuah bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan, dimana memiliki keunggulan mampu menurunkan emisi CO₂ hingga 18 % (Chalim, dkk., 2005 dalam Gusmarwani 2007). Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan dengan cara mencampurkannya dengan bensin atau yang biasa disebut sebagai gasohol. Menurut Prihandana dan Hendroko (2007), Bioetanol mempunyai tingkat oktan lebih tinggi (104 RON) dibandingkan bensin (95 RON). Saat dicampur dengan bensin, kadar oktan bensin akan meningkat, kinerja mesin juga meningkat, membuat busi dan pelumas mesin tetap bersih karena pembakarannya lebih sempurna dibandingkan bensin, serta menurunkan kadar emisi gas yang berbahaya bagi lingkungan. Keunggulan penggunaan bioetanol tersebut membuat pemerintah mengeluarkan SK Dirjen Minyak dan Gas Bumi No. 3674K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 tentang penggunaan bioetanol sebagai campuran bensin maksimal 10% (Hendrawati, Ramadhan, and Siswahyu 2018)

Bioetanol hasil konversi biomassa biasanya hanya memiliki kemurnian sebesar 8-10%. sementara itu agar dapat digunakan menjadi campuran bahan bakar pengganti minyak bumi harus memiliki kemurnian minimal 99,5%. maka dari itu, diperlukan pengolahan lebih lanjut pada bioetanol. Umumnya bioetanol dapat dimurnikan dengan distilasi biasa tetapi akan sulit untuk bioetanol agar mencapai kemurnian 99,5% karena adanya azeotrop pada campuran etanol-air. Maka dari itu dibutuhkan alternatif proses yang akan digunakan untuk memurnikan bioetanol. (Gusmarwani 2007)

Salah satu cara untuk memurnikan bioetanol adalah dengan distilasi reaktif. Distilasi reaktif pada penelitian ini akan mereaksikan air dengan etilen oksida agar kadar air dalam bioetanol dapat turun dan menghilangkan azeotrop. Hasil dari reaksi air dan etilen glikol ini akan dimanfaatkan untuk dijual kembali. Penelitian ini akan menggunakan Aspen Plus sebagai simulator. Penelitian ini akan difokuskan untuk mengoptimasikan desain kolom distilasi reaktif agar memperoleh kemurnian bioetanol yang diinginkan dengan *total annual cost* yang seminimal mungkin. Variabel – variabel desain yang akan dioptimasikan pada penelitian ini yaitu jumlah tahap pada bagian stripping, reaktif, enriching, beban reboiler dan rasio refluks .

1.2 Tema Sentral Masalah

Bioetanol hanya memiliki kemurnian sebesar 84%. sementara itu agar dapat digunakan menjadi campuran bahan bakar pengganti minyak bumi harus memiliki kemurnian minimal 99,5%. maka dari itu, diperlukan pengolahan lebih lanjut pada bioetanol. Salah satu cara untuk memurnikan bioetanol yaitu dengan distilasi reaktif. Distilasi reaktif pada penelitian ini akan mereaksikan air dengan etilen oksida agar kadar air dalam bioetanol dapat turun dan menghilangkan azeotrop. Kemudian akan dilakukan optimasi pada variabel desain distilasi reaktif menggunakan simulator aspen plus sehingga didapat kemurnian bioetanol yang diinginkan dengan *total annual cost* yang seminimal mungkin.

1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh jumlah tahap *stripping* terhadap *total annual cost* kolom?
2. Bagaimana pengaruh jumlah tahap reaktif terhadap *total annual cost* kolom?
3. Bagaimana pengaruh jumlah tahap *enriching* terhadap *total annual cost* kolom?
4. Bagaimana pengaruh beban reboiler dan resio refluks terhadap kemurnian bioetanol?
5. Bagaimana hasil optimasi desain dan kondisi operasi yang dilakukan terhadap kemurnian bioetanol dan *total annual cost* kolom?

1.4 Premis

1. Bioethanol biasanya memiliki kemurnian 84% (Tavan dan Hosseini. 2013).
2. Temperatur operasi dari pemurnian bioetanol dengan cara distilasi reaktif adalah 25 °c (Tavan dan Hosseini. 2013).
3. Kolom ditilasi reaktif pada software Aspen Plus dimodelkan dengan kolom *radfrac* (Machner 2000).
4. Distilasi reaktif dapat menghilangkan azeotrop antara air dan bioethanol (Tavan dan Hosseini. 2013).
5. Campuran etanol air merupakan azeotrop positif karena titik azeotropnya berada pada 78,15°C sedangkan titik didih komponen etanol 78,4°C dan air 100°C, lebih tinggi dari pada titik azeotropnya (Wahyuni,dkk. 2012).
6. Dehidrasi pada bioetanol dilakukan dengan mereaksikan bioetanol dengan etilen oksida (Tavan dan Hosseini. 2014).
7. Model termodinamika yang digunakan pada proses pemurnian bioetanol dengan ditilasi reaktif ini adalah model NRTL(Tavan dan Hosseini. 2013).
8. Kemurnian yang diinginkan agar bioetanol dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar yaitu 99,5% (Gusmarwani 2007).
9. Kemurnian bioetanol yang dihasilkan dari proses distilasi reaktif ini dapat memenuhi standar kualitas bahan bakar (An dkk. 2014)

1.5 Hipotesis

1. Kemurnian bioetanol yang dihasilkan melalui proses distilasi reaktif ini yaitu 99,5%.
2. Jumlah tahap *stripping* akan meningkatkan kemurnian bioetanol dan menurunkan *total annual cost*.
3. Jumlah tahap reaktif akan meningkatkan kemurnian bioetanol dan menurunkan *total annual cost*.
4. Jumlah tahap *enriching* akan meningkatkan kemurnian bioetanol dan menurunkan *total annual cost*.
5. Kondisi operasi beban reboiler dan rasio refluks akan meningkatkan kemurnian bioetanol.

1.6 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh jumlah tahap *stripping* terhadap *total annual cost* kolom.
2. Mengetahui pengaruh jumlah tahap reaktif terhadap *total annual cost* kolom.
3. Mengetahui pengaruh jumlah tahap *enriching* terhadap *total annual cost* kolom.
4. Mengetahui pengaruh beban reboiler dan resio refluks terhadap kemurnian bioetanol.
5. Mengetahui hasil optimasi desain dan operasi yang dilakukan terhadap kemurnian bioetanol dan *total annual cost* kolom.

1.7 Manfaat Penelitian

1.7.1 Bagi Pemerintah

1. Dapat mengurangi penggunaan bahan bakar minyak bumi.
2. Menggunakan etanol sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi yang lebih ramah lingkungan dan dapat diperbaharui.

1.7.2 Bagi Industri

1. Mampu mengaplikasikan distilasi reaktif ini secara komersial.
2. Mampu mengganti bahan bakar industri menjadi bioetanol yang lebih ekonomis dan dapat diperbaharui

1.7.3 Bagi Pendidikan

1. Memberikan wawasan baru tentang penggunaan distilasi reaktif pada pemurnian bioetanol sebagai sumber energi terbarukan pengganti minyak bumi.

1.7.4 Bagi Ilmuwan

1. Memberikan landasan pemikiran baru tentang inovasi penambahan reaksi hidrasi pada distilasi reaktif untuk sistem yang memiliki azeotrop dengan air.