

**SIMULASI PENGENDALIAN *REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN* UNTUK
PRODUKSI ETBE DARI ETANOL DAN ISO-BUTENA**

Laporan Penelitian

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

Oleh:

Billie Sugandha (6141801035)

Albert Halim Jaya (6141801057)

Pembimbing:

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



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2022**

**CONTROL SIMULATION REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN FOR ETBE
PRODUCTION OF ETHANOL AND ISO-BUTENE**

Research Report

Compiled to fulfill the final project in order to achieve a degree
Bachelor's in chemical engineering

By:

Billie Sugandha (6141801035)

Albert Halim Jaya (6141801057)

Lecturer:

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



**CHEMICAL ENGINEERING GRADUATE STUDY PROGRAM
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
BANDUNG
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL: SIMULASI PENGENDALIAN *REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN* UNTUK PRODUKSI ETBE DARI ETANOL DAN ISO-BUTENA

CATATAN:



Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 1 Juli 2022

Pembimbing



Dr.Ir. Budi Husodo Bisowarno,M.Eng



Universitas Katolik Parahyangan
Fakultas Teknologi Industri
Program Studi Sarjana Teknik Kimia
Laboratorium Teknik Kimia

SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Billie Sugandha

NPM : 6141801035

dan

Nama : Albert Halim Jaya

NPM : 6141801043

dengan ini menyatakan bahwa keseluruhan penelitian dengan judul:

**SIMULASI PENGENDALIAN *REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN* UNTUK
PRODUKSI ETBE DARI ETANOL DAN ISO-BUTENA**

ini adalah benar-benar hasil pekerjaan kami. Seluruh ide, pendapat dan pernyataan yang terdapat dalam laporan ini merupakan hasil analisa dan pemikiran kami. Pernyataan yang tertuang pada bagian Dasar Teori dan Pembahasan telah kami kutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai. Pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya dan apabila pada suatu saat ditemukan adanya pelanggaran.

Jakarta, 1 Juni 2022



Billie Sugandha

(6141801035)



Albert Halim Jaya

(6141801043)

SIMULASI PENGENDALIAN REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN UNTUK PRODUKSI ETBE DARI ETANOL DAN ISO-BUTENA

ORIGINALITY REPORT

11 %	11 %	1 %	4 %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Repository.unpar.ac.id Internet Source	2 %
2	repository.its.ac.id Internet Source	1 %
3	maps.b33franch.net Internet Source	1 %
4	repository.unpar.ac.id Internet Source	1 %
5	www.scribd.com Internet Source	<1 %
6	media.neliti.com Internet Source	<1 %
7	Submitted to Universitas Pertamina Student Paper	<1 %
8	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
9	pt.scribd.com Internet Source	<1 %

10 Submitted to Clayton College & State University
Student Paper <1 %

11 Submitted to Universiti Sains Malaysia
Student Paper <1 %

12 www.coursehero.com
Internet Source <1 %

13 elie.jp
Internet Source <1 %

14 rpi.edu
Internet Source <1 %

15 docplayer.info
Internet Source <1 %

16 www.mdpi.com
Internet Source <1 %

17 Omid Babaie, Mohsen Nasr Esfahany.
"Optimum process configuration for ETBE
production based on TAC minimization",
Separation and Purification Technology, 2021
Publication <1 %

18 studylib.es
Internet Source <1 %

19 idoc.pub
Internet Source <1 %

20

Internet Source

<1 %

21

manualzz.com

Internet Source

<1 %

22

Submitted to Universitas Putera Batam

Student Paper

<1 %

23

id.scribd.com

Internet Source

<1 %

24

123dok.com

Internet Source

<1 %

25

Submitted to Kuwait University

Student Paper

<1 %

26

pikanewblogaddres.blogspot.com

Internet Source

<1 %

27

www.igrotechnics.ru

Internet Source

<1 %

28

zh.scribd.com

Internet Source

<1 %

29

www.suara.com

Internet Source

<1 %

30

Submitted to Universitas Brawijaya

Student Paper

<1 %

31

Levent Degirmenci, Nuray Oktar, Gulsen Dogu. " Product Distributions in Ethyl -Butyl

<1 %

Ether Synthesis over Different Solid Acid Catalysts ", Industrial & Engineering Chemistry Research, 2009

Publication

32	Submitted to University of New South Wales Student Paper	<1 %
33	repository.fisip-untirta.ac.id Internet Source	<1 %
34	Dspace.Uii.Ac.Id Internet Source	<1 %
35	edoc.pub Internet Source	<1 %
36	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
37	repository.unugha.ac.id Internet Source	<1 %
38	coek.info Internet Source	<1 %
39	jurnal.upnyk.ac.id Internet Source	<1 %
40	repository.dinamika.ac.id Internet Source	<1 %
41	su-plus.strathmore.edu Internet Source	<1 %

42	cde.jainuniversity.ac.in Internet Source	<1 %
43	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1 %
44	navarrone.com Internet Source	<1 %
45	repository.ppns.ac.id Internet Source	<1 %
46	repository.radenintan.ac.id Internet Source	<1 %
47	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
48	widuri.raharjo.info Internet Source	<1 %
49	www.batukarinfo.com Internet Source	<1 %
50	id.strephonsays.com Internet Source	<1 %
51	Nguyen Van Duc Long, Moonyong Lee. "Advances in Distillation Retrofit", Springer Science and Business Media LLC, 2017 Publication	<1 %

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 3 words

LEMBAR REVISI


**JUDUL: SIMULASI PENGENDALIAN *REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN*
UNTUK PRODUKSI ETBE DARI ETANOL DAN ISO-BUTENA**

CATATAN:



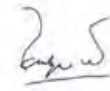
Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 19 Juli 2022

Penguji 1



Arenst Andreas Ph.D.

Penguji 2



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

INTISARI

Penggunaan bensin sebagai bahan bakar utama memberikan dampak yang buruk pada lingkungan karena sering kali pembakarannya tidak sempurna yang mengakibatkan polusi udara juga peningkatan jumlah konsumsinya. Agar efisiensi pembakaran bensin dapat ditingkatkan, seringkali ditambahkan zat aditif yang bertujuan untuk meningkatkan bilangan oktan pada bensin, bilangan oktan merupakan suatu angka yang menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin terbakar. Salah satu zat yang sering digunakan sebagai zat aditif adalah *Ethyl tert-Buthyl Ether* (ETBE).

Pada penelitian ini, ETBE akan diproduksi menggunakan reaktan etanol dan isobutena dengan menggunakan *Reactive Dividing Wall Column* (RDWC). RDWC merupakan penggabungan dari *Reactive Distillation* (RD) dan *Distillation Wall Column* (DWC), penggunaan RDWC mampu meningkatkan efisiensi proses dengan melakukan reaksi sekaligus pemisahan pada satu unit. Selain itu RDWC mampu meningkatkan kemurnian produk ETBE. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengendalian pada sistem *Reactive Dividing Wall Column* (RDWC) pada pembentukan ETBE. Pada penelitian ini dilakukan simulasi dinamik dengan menggunakan *Aspen Dynamics*. Perancangan pada pengendali dilakukan dengan melakukan *varies step change* untuk mendapatkan *First order Plus Dead time* (FOPDT), proses ini di simplifikasi dan hanya melakukan perancangan pengendali dengan FOPDT pada beban reboiler di temperatur tahap paling sensitif saja. Akan dirancang 2 buah pengendali yaitu PI dan PID dengan *Tuning IMC* untuk membandingkan performa kedua pengendali. Peninjauan performa pengendali dilakukan dengan cara pengecekan galat dengan cara ISE, IAE, ITSE dan ITAE pada simulasi *disturbance rejection* dan *setpoint tracking*.

Hasil penelitian menunjukkan dengan menggunakan *manipulated variable* berupa beban reboiler, pengendali akan mengendalikan temperatur pada tahap 27 yang *inferensial* terhadap kemurnian ETBE. Dari hasil simulasi *disturbance rejection* dan *setpoint tracking* didapatkan bahwa pengendali PID dengan *tuning IMC* memberikan performa pengendalian yang baik untuk digunakan sebagai *controller* proses RDWC, galat yang didapatkan dengan cara ISE, IAE, ITSE dan ITAE mendapatkan hasil yang sangat kecil pada simulasi *disturbance rejection +2%* yaitu 0.3728, 1.746, 3.490, 22.316 untuk masing-masing nilai galatnya.

Kata Kunci: Aspen, Distilasi, ETBE, IMC, RDWC, Kontrol,

ABSTRACT

The usage of gasoline as the main source of fuel has continuously affecting the environment in a bad way, incomplete combustion is leading into air pollution and increased consumption of fuel. Additives aimed at increasing the octane number of gasoline are often added to increase the efficiency of gasoline combustion. Octane number is a number that indicates how much pressure can be applied before gasoline burns. A commonly used additive is ethyl tert-butyl ether (ETBE).

In this study, ETBE is produced using Reactive Dividing Wall Column (RDWC) and ethanol and iso-butene as reactants. RDWC is the result of intensification process of distillation, reactive distillation (RD) and dividing wall column (DWC). With RDWC, process efficiency can be improved by performing both reaction and separation in one unit. In addition, RDWC can increase the purity of ETBE products. The purpose of this study was to investigate the control of the RDWC system in the formation of ETBE. To simulate the process, we use Aspen dynamics to perform the dynamic simulation. The controller design is done by finding the First Order Plus Time Delay of the system using varies step change in aspen dynamics. This process is simplified, and the controller is designed only using FOPDT for reboiler load at the most sensitive distillation stage. PIs and PIDs using IMC tuning are designed to compare the performance of two controllers, the two controllers. Controller performance testing is performed by error checkin using the ISE, IAE, ITSE, and ITAE methods and simulate disturbance rejection and setpoint tracking.

The results show that reboiler load is the most effective manipulated variable to control ETBE purity. Through sensitivity analysis it is found that stage 27 is the most sensitive stage and is inferential to ETBE purity. From the simulation result of disturbance rejection and setpoint tracking it is clear that PIDs controller with IMC tuning has excellent control performance that can be used as a controller for the RDWC process, and by the error methods of ISE, IAE, ITSE and ITAE using the disturbance rejection with +2% as reference, it shows that the error shown is very small for each error value 0.3728, 1.746, 3.490, 22.316.

Key Point: Aspen, Distillation, ETBE, IMC, RDWC, Control

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “**SIMULASI PENGENDALIAN REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN UNTUK PRODUKSI ETBE DARI ETANOL DAN ISO-BUTENA**”. Penelitian ini disusun untuk memenuhi persyaratan mata kuliah CHE 184650-Penelitian Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam penulisan ini, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun Penelitian ini, penulis secara khusus mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr.Ir.Budi Husodo Bisowarno,M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu pengetahuan, dan saran dalam penyusunan penelitian ini.
2. Orang tua dan keluarga penulis atas doa dan dukungan kepada penulis.
3. Teman-teman penulis yang telah memberikan semangat, dukungan dan masukan kepada penulis selama penyusunan laporan penelitian.
4. Semua pihak lain yang telah memberikan bantuan dan dukungan.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik, masukan, dan saran yang membangun agar dapat mengembangkan pengetahuan penulis untuk penyusunan penelitian berikutnya. Akhir kata, penulis berharap agar laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta,25 Juni 2022

Billie Sugandha
(6141801035)

Albert Halim Jaya
(6141801043)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
INTISARI	xi
ABSTRACT	xii
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	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Distilasi	6
2.2 Dividing Wall Column	7
2.3 Konfigurasi DWC	9
2.4 Kelebihan dan Kekurangan DWC	12
2.5 Reactive Distillation	12
2.6 Reactive Dividing Wall Column (RDWC)	14
2.7 Kontrol	17
2.7.1 Pengendali	19
2.7.2 Fungsi Alih	20
2.7.3 <i>Tuning</i> Pengendali	20

2.8	RDWC untuk produksi ETBE dari Reaksi Etanol dan Isobutena.....	21
2.8.1	Etil Tert-Butil Eter (ETBE).....	21
2.8.2	Etanol	22
2.8.3	Isobutena.....	23
2.8.4	Reaksi Pembentukan ETBE dari Etanol dan Isobutena.....	24
2.8.5	Simulasi RDWC Untuk Produksi ETBE dari Etanol dan Isobutena (Kaur et al., 2020a)	28
2.8.6	Kontrol RDWC.....	30
2.8.7	Kontrol Parameter.....	31
2.9	Aspen Plus	32
2.9.1	Parameter Model Termodinamika Aspen Plus.....	34
2.10	Aspen Dynamic.....	36
BAB III METODE PENELITIAN		37
3.1	Tahap Penelitian.....	37
3.1.1	Studi Literatur.....	37
3.1.2	Studi Software Aspen Plus dan Aspen Dynamic.....	37
3.1.3	Pemodelan model RDWC	38
3.1.4	Validasi Model Proses RDWC.....	39
3.1.5	Simulasi Proses Penelitian.....	40
3.3	Prosedur Percobaan.....	42
3.4	Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	43
BAB IV PEMBAHASAN		44
4.1	Pemodelan dan Validasi Model Proses.....	44
4.2	Simulasi Kondisi Tunak.....	46
4.2.1	Analisis Sensitivitas.....	46
4.2.2	Pengaruh <i>Manipulated Variable</i> terhadap Kemurnian Produk	48
4.3	Perancangan Kontroller	51
4.4	Simulasi Pengendali.....	53
4.4.1	<i>Disturbance Rejection</i> dengan MV berupa Beban Reboiler	53
4.4.2	<i>Setpoint Tracking</i> dengan MV Beban Reboiler.....	61

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	68
5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN A.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian langsung (a), Rangkaian tidak langsung (b), Konfigurasi Petlyuk (c).	8
Gambar 2.2 Skema dari Dividing Wall Column (Anton Alexandru Kiss, 2013)	9
Gambar 2.3 Tipe Dasar dari Dividing Wall Column (Anton Alexandru Kiss, 2013)	9
Gambar 2.4 Variasi Posisi dan Bentuk dari Dividing Wall (Anton Alexandru Kiss, 2013)	10
Gambar 2.5 (a) Kaibel <i>column</i> dan (b) <i>multi-partitioned</i> DWC (Anton Alexandru Kiss, 2013)	11
Gambar 2.6 Konfigurasi Agrawal untuk Pemisahan Empat Komponen (Anton Alexandru Kiss, 2013)	11
Gambar 2.7 Reactive Distillation (Anton A. Kiss et al., 2019)	13
Gambar 2.8 Skema Distilasi RDWC	15
Gambar 2.9 Pembatasan Model untuk Kolom RDWC (Nguyen, 2015)	16
Gambar 2.10 Kontrol variables dan manipulated variables pada DWC (Egger & Fieg, 2020)	18
Gambar 2.11 Struktur Kimia Etil Tert-Butil Eter (ETBE)	22
Gambar 2.12 Bentuk Kimia Etanol	23
Gambar 2.13 Bentuk Kimia Isobutenal	24
Gambar 2.14 Skema Diagram Produksi ETBE (Yee et al., 2013)	26
Gambar 2.15 Grafik Perbandingan Katalis Resin Penukar Ion (Degirmenci et al., 2009)	27
Gambar 2.16 Simulasi RDWC untuk Produksi ETBE (Kaur et al,2019)	28
Gambar 2.17 Gambar Simulasi Distilator	29
Gambar 2.18 Perbandingan Kemurnian dengan Perbedaan Teknik Pemisahan	30
Gambar 2.19 Petunjuk Pemilihan Model Termodinamika (1)(Machner, 2000)	34
Gambar 2.20 Petunjuk Pemilihan Model Termodinamika (2)(Machner, 2000)	35

Gambar 3.1 Hasil Fraksi Mol di Tiap Tahap Kolom RDWC (Kaur et al., 2020a).....	38
Gambar 3.2 Hasil Fraksi Mol di Tiap Tahap Kolom RDWC (Kaur & Sangal, 2017b)	40
Gambar 4.1 Profil Komposisi Sepanjang Kolom RDWC.....	44
Gambar 4.2 Profil Komposisi Sepanjang Kolom RDWC Non-Equilibrium	45
Gambar 4.3 Analisis Sensitivitas Temperatur setiap Tahap (Beban Reboiler <i>manipulated</i> +5%)	47
Gambar 4.4 Analisis Sensitivitas Temperatur setiap Tahap (Beban Reboiler <i>manipulated</i> - 5%).....	47
Gambar 4.5 Analisis Sensitivitas Temperatur setiap Tahap (Rasio Refluks <i>manipulated</i> +5%)	47
Gambar 4.6 Analisis Sensitivitas Temperatur setiap Tahap (Rasio Refluks <i>manipulated</i> -5%)	48
Gambar 4.7 Variasi Beban Reboiler $\pm 5\%$ Terhadap Temperatur Tahap 27	49
Gambar 4.8 Pengaruh Temperatur Tahap 27 Terhadap Kemurnian ETBE	49
Gambar 4.9 Variasi Rasio Refluks $\pm 5\%$ Terhadap Temperatur Tahap 27	50
Gambar 4.10 Pengaruh Temperatur Tahap 27 Terhadap Kemurnian N-Butene	50
Gambar 4.11 <i>Open loop dynamics response</i> dengan variasi Beban Reboiler	52
Gambar 4.12 Skema Pengendali PID.....	53
Gambar 4.13 Respon <i>Controller</i> PI terhadap <i>Disturbance</i> +2%	54
Gambar 4.14 Respon <i>Controller</i> PID terhadap <i>Disturbance</i> +2%	54
Gambar 4.15 Respons Pengendali PI terhadap <i>Disturbance</i> -2%.....	55
Gambar 4.16 Respons Pengendali PID terhadap <i>Disturbance</i> -2%.....	56
Gambar 4.17 Responsi Pengendali PI terhadap <i>Disturbance</i> +5%.....	57
Gambar 4.18 Responsi Pengendali PID terhadap <i>Disturbance</i> +5%.....	58
Gambar 4.19 Responsi Pengendali PI terhadap <i>Disturbance</i> -5%.....	59

Gambar 4.20 Responsi Pengendali PID terhadap Perubahan <i>Setpoint</i> +2%.....	62
Gambar 4.21 Responsi Pengendali PI terhadap Perubahan <i>Setpoint</i> +2%	62
Gambar 4.22 Responsi Pengendali PID terhadap Perubahan <i>Setpoint</i> -2%	63
Gambar 4.23 Responsi Pengendali PI terhadap Perubahan <i>Setpoint</i> -2%	63
Gambar 4.24 Responsi Pengendali PID terhadap Perubahan <i>Setpoint</i> +5%.....	65
Gambar 4.25 Responsi Pengendali PI terhadap Perubahan <i>Setpoint</i> +5%	65
Gambar 4.26 Responsi Pengendali PID terhadap Perubahan <i>Setpoint</i> -5%	66
Gambar 4.27 Responsi Pengendali PI terhadap Perubahan <i>Setpoint</i> -5%	66

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Premis Penelitian Simulasi Kontrol RDWC.....	4
Tabel 1.2 Sifat Fisika Komponen Pembentukan ETBE (Sneesby et al., 1997).....	5
Tabel 2.1 Parameter Pengendali untuk metode open loop Ziegler-Nichols (Giwa, 2016).....	21
Tabel 2.2 Parameter Pengendali untuk metode open loop Tyreus-Luyben (Giwa, 2016).....	21
Tabel 2.3 Sifat Fisika dari ETBE.....	22
Tabel 2.4 Tabel Perbandingan Katalis Resin Penukar Ion (Degirmenci et al., 2009).....	26
Tabel 2.5 Tabel Spesifikasi RDWC.....	28
Tabel 2.7 Perbandingan Model Termodinamika Modifikasi UNIFAC (Park, 2001).....	36
Tabel 3.1 Spesifikasi Kolom dan Umpan (Kaur & Sangal, 2017b).....	39
Tabel 3.2 Jadwal Kerja Penelitian	43
Tabel 4.1 Komposisi Tiap Bagian	45
Tabel 4.2 Parameter Controller IMC	52
Tabel 4.3 Respon controller PI dan PID terhadap Disturbance +2%	54
Tabel 4.4 Respon Controller PI dan PID terhadap Disturbance -2%	56
Tabel 4.5 Perbandingan Respon controller PID terhadap Disturbance $\pm 2\%$	56
Tabel 4.6 Perbandingan Respon controller PI terhadap Disturbance $\pm 2\%$	57
Tabel 4.7 Respon controller PI dan PID terhadap Disturbance +5%	58
Tabel 4.8 Respon controller PI dan PID terhadap Disturbance -5%	60
Tabel 4.9 Perbandingan Respon controller PID terhadap Disturbance $\pm 5\%$	60
Tabel 4.10 Perbandingan Respon controller PI terhadap Disturbance $\pm 5\%$	60
Tabel 4.11 Perbandingan Respon controller PID dengan PI terhadap Setpoint +2%.....	62
Tabel 4.12 Perbandingan Respon controller PID dengan PI terhadap Setpoint -2%.....	64
Tabel 4.13 Perbandingan Respon controller PID dengan PI terhadap Setpoint +5%.....	65
Tabel 4.14 Perbandingan Respon controller PID dengan PI terhadap Setpoint +5%.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam proses distilasi, terdapat teknologi baru yaitu RDWC yang merupakan metode pemisahan dengan prinsip distilasi yang memiliki konsumsi energi yang paling kecil dengan konversi terbaik dibandingkan metode lainnya. Selain itu juga RDWC merupakan metode dengan cost yang paling rendah baik dari annual cost, investment cost maupun operating costnya.

RDWC merupakan hasil dari penggabungan proses pemisahan termal dan reaksi kimia, proses ini membutuhkan kontrol yang baik untuk mendapatkan konversi yang baik. Kontrol pada proses ini berbeda dengan proses distilasi biasa dimana terdapat 3 proses yang terjadi secara bersamaan dalam 1 kolom mengakibatkan kontrol akan lebih kompleks.

Ethyl tert-butyl Ether (ETBE) adalah eter yang sering digunakan untuk meningkatkan kualitas suatu bahan bakar melalui peningkatan oktan dan kandungan oksigennya, ini mengakibatkan penggunaan bahan bakar dapat berkurang akibat peningkatan efisiensi pembakaran. Sintesis ETBE akan mendapatkan nilai konversi dan efisiensi energi tertinggi dengan menggunakan RDWC. Pengendalian pada proses RDWC ini dapat membuka potensi untuk mendapatkan hasil ETBE yang lebih baik dengan mengefisienkan energi yang dibutuhkan.

Pada penelitian ini, kontrol RDWC dilakukan menggunakan Aspen dengan 2 kolom RADFRAC yang menghasilkan ETBE. Kontrol yang ditinjau dari proses simulasi ini merupakan *indirect* control terhadap kemurnian ETBE yaitu menggunakan *inferential temperature* dengan cara melakukan variasi pada beban reboiler dan rasio refluks.

1.2 Tema Sentral Masalah

Tema sentral penelitian ini adalah simulasi *one point temperature control* pada *reactive distillation wall column* dalam produksi ETBE dari proses reaksi ethanol dan isobutene agar didapatkan kemurnian ETBE yang maksimal dengan bantuan *Aspen Plus* dan *Aspen Dynamic*. *Inferential variable* yang digunakan merupakan temperatur kolom karena berpengaruh terhadap

perubahan kemurnian produk ETBE dan performa dari pengendali akan dilihat dari kecenderungannya ketika diberikan *disturbance rejection* dan *setpoint tracking*.

1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana melakukan pemodelan dan validasi model proses RDWC untuk produksi ETBE dengan menggunakan data literatur?
2. Bagaimana pengaruh beban reboiler dan rasio refluks terhadap kemurnian ETBE?
3. Bagaimana kinerja pengendali temperatur untuk mendapatkan kemurnian ETBE pada produk bawah
4. Bagaimana performa pengendali PI jika dibandingkan dengan pengendali PID?

1.4 Premis

Terdapat pada **Tabel 1.1**

1.5 Hipotesis

1. Semakin tinggi nilai rasio refluks maka kemurnian ETBE akan menurun.
2. Semakin besar nilai beban reboiler maka kemurnian ETBE akan semakin tinggi.
3. Pengendali PID dapat memberikan respon yang lebih cepat dibandingkan pengendali PI namun memiliki *overshoot* yang lebih tinggi dibandingkan pengendali PI.

1.6 Tujuan Penelitian

1. Mampu membuat model RDWC untuk pembentukan ETBE dengan umpan etanol dan isobutene dengan menggunakan simulasi *Aspen Plus*[®] dan *Aspen Dynamics*.
2. Mempelajari pengendalian pada kolom RDWC untuk pembentukan ETBE.
3. Mempelajari kinerja *one-point control* pada sistem untuk mengendalikan kemurnian ETBE.

1.7 Manfaat Penelitian

1. Mampu melakukan kontrol yang baik dalam proses RDWC pembuatan ETBE untuk mendapatkan kemurnian ETBE terbaik.
2. Mampu memberikan alternatif yang hemat energi untuk produksi ETBE melewati proses RDWC.

Tabel 1.1 Premis Penelitian Simulasi Kontrol RDWC

No	Jenis Data	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Referensi
1.	Sistem reaksi = IB-Etanol	<p>Spesifikasi Umpan</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temperatur = 30°C - Tekanan = 7 atm - Umpan Etanol = 40 kmol/h - Umpan Hidrokarbon = 100 kmol/h - Fraksi Mol Komponen <ul style="list-style-type: none"> a.) Iso-Butene = 0.7143 b.) Etanol = 0.2857 	<p>Spesifikasi Kolom</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jumlah Tahapan (N)= 30 - Jumlah tahap tempat reaksi terjadi (N_T)= 10 - Tahap tempat umpan etanol = 11 - Tahap tempat umpan hidrokarbon = 22 - Tekanan overhead = 7 atm - Rasio refluks (r) = 2.5 	<p>Hasil Percobaan</p> <p>-Jumlah tahapan untuk mendapatkan konversi max = 30</p>	<p>Simulasi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Model termodinamika = UNIFAC - Model simulasi = Radfrac 	<p>(Kaur & Sangal, 2017a);(Kaur & Sangal, 2018); (Kaur et al., 2020a)</p>
2.	Reaksi Pembentukan ETBE	$C_4H_8 + C_2H_6O \xleftrightarrow[k_1]{k_1} C_6H_{14}O$ $C_4H_8 + H_2O \xleftrightarrow[k_2]{k_2} C_4H_{10}O$ $2C_4H_8 \xleftrightarrow[k_3]{k_3} C_8H_{16}$		<p>Dengan Katalis Amberlyst 15</p>		<p>(Babaie & Nasr Esfahany, 2021)</p>

No	Jenis Data	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Referensi
3.	Sifat Fisik Komponen	Terdapat pada Tabel 1.2				(Sneesby et al., 1997)
4.	Model Termodinamika	UNIFAC				(Kaur & Sangal, 2017a);(Kaur & Sangal, 2018); (Kaur et al., 2020a)

Tabel 1.2 Sifat Fisika Komponen Pembentukan ETBE (Sneesby et al., 1997)

Sifat Fisik	Etanol	Isobutilen	ETBE
Berat Molekul (gr/mol)	46	56	102
<i>Specific Gravity</i>	0.795	0.6	0.746
Titik Didih (°C)	78	-7	73
Kalor Jenis (kJ/kg)	2.46	1.27	2.1