

SIMULASI PENGENDALIAN KOLOM DISTILASI REAKTIF UNTUK PRODUKSI DIMETIL ETER DARI DEHIDRASI METANOL

Laporan Penelitian

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

oleh:

Kimbrian Marshall (2016620020)

Jaquelyn (2016620037)

Dosen Pembimbing:

Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno, M.Eng

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



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

**SIMULASI PENGENDALIAN KOLOM DISTILASI REAKTIF UNTUK
PRODUKSI DIMETIL ETER DARI DEHIDRASI METANOL**

CATATAN

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 24 Februari 2021

Pembimbing 1,



Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno, M.Eng

Pembimbing 2,



I Gede Pandega Wiratama, 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 : Kimbrian Marshall

NRP : 6216020

Nama : Jaquelyn

NRP : 6216037

dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul:

SIMULASI PENGENDALIAN KOLOM DISTILASI REAKTIF UNTUK PRODUKSI DIMETIL ETER DARI DEHIDRASI METANOL

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 dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 22 Februari 2021

Kimbrian Marshall
(6216020)

Jaquelyn
(6216037)

LEMBAR REVISI

**SIMULASI PENGENDALIAN KOLOM DISTILASI REAKTIF UNTUK
PRODUKSI DIMETIL ETER DARI DEHIDRASI METANOL**

CATATAN

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 24 Februari 2021

Dosen Penguji 1,



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

Dosen Penguji 2,



Putri Ramadhany, S.T., M.Sc., PDEng.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian berjudul "Simulasi Pengendalian Kolom Distilasi Reaktif untuk Produksi Dimetil Eter dari Dehidrasi Metanol" ini tepat pada waktunya. Penulisan laporan penelitian ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah CHE184650 Penelitian Program Studi Sarjana 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. Dr. Ir. Budi H. Bisowarno, M.Eng. selaku dosen pembimbing 1 yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan laporan penelitian
2. I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan laporan penelitian.
3. Orang tua serta keluarga penulis atas doa dan dukungannya baik secara moral maupun material
4. Teman-teman penulis yang telah memberikan semangat, dukungan dan bantuan kepada penulis.
5. Serta semua pihak yang ikut membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan penelitian ini. Akhir kata, penulis berharap melalui laporan penelitian ini dapat membantu memperluas pengetahuan para pembaca.

Bandung, 24 Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
INTISARI.....	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentar Masalah	2
1.3 Identifikasi Masalah	2
1.4 Premis-Premis Penelitian.....	2
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	3
1.6.1 Bagi Peneliti	3
1.6.2 Bagi Industri.....	4
1.6.3 Bagi Negara Indonesia.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Dimetil Eter.....	5
2.1.1 Sifat Kimia dan Fisika DME.....	5
2.1.2 Aplikasi DME.....	6
2.1.2.1 Bahan Bakar Alternatif Pengganti LPG	6
2.1.2.2 DME sebagai <i>Propellant</i>	7

2.1.2.3 Bahan Bakar <i>Diesel</i>	7
2.1.3 Bahan Baku	7
2.2 Sintesis DME	8
2.2.1 Reaksi.....	8
2.2.2 Katalis	10
2.2.2.1 Katalis dalam Sintesis Metanol.....	10
2.3 Distilasi.....	12
2.3.1 Sejarah Distilasi.....	12
2.3.2 <i>Reactive Distillation</i>	13
2.4 Distilasi Reaktif untuk Produksi DME.....	15
2.4.1 Desain	15
2.4.2 Konfigurasi/Skema Pengendalian Proses	16
2.4.3 Fungsi Alih Proses FOPDT	18
2.5 <i>Controller</i>	18
2.5.1 <i>PID Controller</i>	18
2.5.1.1 <i>Tuning Controller</i>	19
2.5.2 <i>MPC Controller</i>	20
2.6 Sistem Kontrol untuk RD DME.....	20
2.6.1 <i>Single Point Control</i>	20
2.6.2 <i>Two Point Control</i>	21
2.6.3 MPC.....	22
2.7 Aspen.....	25
2.7.1 Radfrac	25
2.7.2 Model Termodinamika.....	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1 Pemodelan Proses Kondisi Tunak.....	29
3.2 Validasi Model.....	30
3.3 Simulasi Dinamik Kolom Distilasi Reaktif	31
3.4 Simulasi Pengendalian Proses.....	31
3.5 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian	31

BAB 4 PEMBAHASAN	33
4.1 Validasi Data Literatur	33
4.2 Analisis Sensitivitas	34
4.3 Perancangan <i>Controller</i>	36
4.4 <i>Single Point Control Scheme</i>	38
4.4.1 <i>Disturbance rejection</i> dengan <i>MV</i> berupa Rasio <i>Reflux</i> dan <i>Reflux Rate</i>	39
4.4.2 <i>Setpoint Tracking</i> dengan <i>MV</i> berupa Rasio <i>Reflux</i> dan <i>Reflux Rate</i>	50
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	 63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran.....	63
 DAFTAR PUSTAKA	 64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gugus fungsi DME	1
Gambar 2.2	Rangkaian alat distilasi.....	12
Gambar 2.3	Desain kolom distilasi reaktif	15
Gambar 2.4	Profil temperatur dan laju reaksi sepanjang kolom.....	16
Gambar 2.5	Respon FOPDT terhadap perubahan <i>step input</i>	18
Gambar 2.6	<i>Single point PI control configuration</i>	21
Gambar 2.7	<i>Two point PI control configuration</i>	22
Gambar 2.8	<i>MPC control configuration</i>	23
Gambar 2.9	Respon dinamik <i>set point</i> temperatur tahap 5 (T ₅) pada kemurnian DME	24
Gambar 2.10	Respon dinamik <i>set point</i> temperatur tahap 47 (T ₄₇) pada kemurnian DME ...	25
Gambar 2.11	Pemilihan model termodinamika pada <i>Aspen Plus</i>	27
Gambar 3.1	Bagan kerja penelitian	28
Gambar 3.2	Model kolom distilasi reaktif	29
Gambar 3.3	Profil temperatur dan laju reaksi tiap tahap	30
Gambar 4.1	Profil temperatur dan laju reaksi sepanjang kolom.....	33
Gambar 4.2	Profil temperatur sepanjang kolom	34
Gambar 4.3	Analisis sensitivitas dengan variasi rasio <i>reflux</i> +2 %	35
Gambar 4.4	Analisis sensitivitas dengan variasi rasio <i>reflux</i> -2 %	35
Gambar 4.5	Analisis sensitivitas dengan variasi rasio <i>reflux</i> +5 %	35
Gambar 4.6	Analisis sensitivitas dengan variasi rasio <i>reflux</i> -5 %	36
Gambar 4.7	Analisis sensitivitas SVD	36
Gambar 4.8	<i>Open loop dynamics responses</i> dengan <i>manipulated variable</i> berupa rasio <i>reflux</i>	37
Gambar 4.9	<i>Open loop dynamics responses</i> dengan <i>manipulated variable</i> berupa <i>reflux rate</i>	37
Gambar 4.10	<i>Single point PI control configuration</i>	39
Gambar 4.11	Respon <i>controller</i> PI terhadap <i>disturbance</i> +2 %	39
Gambar 4.12	Respon <i>controller</i> PI terhadap <i>disturbance</i> -2 %	40
Gambar 4.13	Respon <i>controller</i> PID terhadap <i>disturbance</i> +2 %	41

Gambar 4.14	Respon <i>controller</i> PID terhadap <i>disturbance</i> -2 %	41
Gambar 4.15	Respon <i>controller</i> PI terhadap <i>disturbance</i> +5 %	42
Gambar 4.16	Respon <i>controller</i> PI terhadap <i>disturbance</i> -5 %	42
Gambar 4.17	Respon <i>controller</i> PID terhadap <i>disturbance</i> +5 %	43
Gambar 4.18	Respon <i>controller</i> PID terhadap <i>disturbance</i> -5 %	44
Gambar 4.19	Respon <i>controller</i> PI terhadap <i>disturbance</i> +2 %	45
Gambar 4.20	Respon <i>controller</i> PI terhadap <i>disturbance</i> -2 %	45
Gambar 4.21	Respon <i>controller</i> PID terhadap <i>disturbance</i> +2 %	46
Gambar 4.22	Respon <i>controller</i> PID terhadap <i>disturbance</i> -2 %	47
Gambar 4.23	Respon <i>controller</i> PI terhadap <i>disturbance</i> +5 %	48
Gambar 4.24	Respon <i>controller</i> PI terhadap <i>disturbance</i> -5 %	48
Gambar 4.25	Respon <i>controller</i> PID terhadap <i>disturbance</i> +5 %	49
Gambar 4.26	Respon <i>controller</i> PID terhadap <i>disturbance</i> -5 %	50
Gambar 4.27	Respon <i>controller</i> PI terhadap perubahan <i>setpoint</i> +2 %	51
Gambar 4.28	Respon <i>controller</i> PI terhadap perubahan <i>setpoint</i> -2 %	51
Gambar 4.29	Respon <i>controller</i> PID terhadap perubahan <i>setpoint</i> +2 %	52
Gambar 4.30	Respon <i>controller</i> PID terhadap perubahan <i>setpoint</i> -2 %	53
Gambar 4.31	Respon <i>controller</i> PI terhadap perubahan <i>setpoint</i> +5 %	54
Gambar 4.32	Respon <i>controller</i> PI terhadap perubahan <i>setpoint</i> -5 %	54
Gambar 4.33	Respon <i>controller</i> PID terhadap perubahan <i>setpoint</i> +5 %	55
Gambar 4.34	Respon <i>controller</i> PID terhadap perubahan <i>setpoint</i> -5 %	56
Gambar 4.35	Respon <i>controller</i> PI terhadap perubahan <i>setpoint</i> +2 %	57
Gambar 4.36	Respon <i>controller</i> PI terhadap perubahan <i>setpoint</i> -2 %	57
Gambar 4.37	Respon <i>controller</i> PID terhadap perubahan <i>setpoint</i> +2 %	58
Gambar 4.38	Respon <i>controller</i> PID terhadap perubahan <i>setpoint</i> -2 %	59
Gambar 4.39	Respon <i>controller</i> PI terhadap perubahan <i>setpoint</i> +5 %	60
Gambar 4.40	Respon <i>controller</i> PI terhadap perubahan <i>setpoint</i> -5 %	60
Gambar 4.41	Respon <i>controller</i> PID terhadap perubahan <i>setpoint</i> +5 %	61
Gambar 4.42	Respon <i>controller</i> PID terhadap perubahan <i>setpoint</i> -5 %	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat fisik DME	6
Tabel 2.2	Sifat fisik metanol	8
Tabel 2.3	Variabel dalam proses distilasi	17
Tabel 2.4	Parameter PID untuk <i>Ziegler-Nichols</i>	19
Tabel 2.5	Parameter PID untuk <i>Tyres-Luyben</i>	19
Tabel 2.6	Parameter PID untuk <i>Cohen-Coon</i>	20
Tabel 2.7	<i>Single-point PI, two-point PI, dan MPC controller parameter</i>	23
Tabel 3.1	Parameter desain kolom distilasi reaktif.....	29
Tabel 3.2	Jadwal kerja penelitian	32
Tabel 4.1	Parameter Pengendali	38
Tabel 4.2	Kriteria <i>error</i> PI dengan perubahan <i>feed</i> -2 dan +2 %	40
Tabel 4.3	Kriteria <i>error</i> PID dengan perubahan <i>feed</i> -2 dan +2 %	42
Tabel 4.4	Kriteria <i>error</i> PI dengan perubahan <i>feed</i> -5 dan +5 %	43
Tabel 4.5	Kriteria <i>error</i> PID dengan perubahan <i>feed</i> -5 dan +5 %	44
Tabel 4.6	Kriteria <i>error</i> PI dengan perubahan <i>disturbance</i> -2 dan +2 %	46
Tabel 4.7	Kriteria <i>error</i> PID dengan perubahan <i>disturbance</i> -2 dan +2 %	47
Tabel 4.8	Kriteria <i>error</i> PI dengan perubahan <i>disturbance</i> -5 dan +5 %	49
Tabel 4.9	Kriteria <i>error</i> PID dengan perubahan <i>disturbance</i> -5 dan +5 %	50
Tabel 4.10	Kriteria <i>error</i> PI dengan perubahan <i>setpoint</i> -2 dan +2 %	52
Tabel 4.11	Kriteria <i>error</i> PID dengan perubahan <i>setpoint</i> -2 dan +2 %	53
Tabel 4.12	Kriteria <i>error</i> PI dengan perubahan <i>setpoint</i> -5 dan +5 %	55
Tabel 4.13	Kriteria <i>error</i> PID dengan perubahan <i>setpoint</i> -5 dan +5 %	56
Tabel 4.14	Kriteria <i>error</i> PI dengan perubahan <i>setpoint</i> -2 dan +2 %	58
Tabel 4.15	Kriteria <i>error</i> PID dengan perubahan <i>setpoint</i> -2 dan +2 %	59
Tabel 4.16	Kriteria <i>error</i> PI dengan perubahan <i>setpoint</i> -5 dan +5 %	61
Tabel 4.17	Kriteria <i>error</i> PID dengan perubahan <i>setpoint</i> -5 dan +5 %	62

DAFTAR SIMBOL

A	= Tetapan Arrhenius
B	= Laju alir produk bawah
CO ₂	= Karbon dioksida
D	= Laju alir distilat
DME	= Singkatan dari dimetil eter
E _a	= Energi aktivasi
K _u	= <i>Ultimate gain</i>
NO _x	= Nitrogen Oksida
P	= Tekanan
P _u	= <i>Ultimate period</i>
Q _C	= Beban kondensor
Q _R	= Beban <i>reboiler</i>
R	= Rasio <i>reflux</i>
RD	= Singkatan dari <i>reactive distillation</i>
SO _x	= Sulfur Oksida

INTISARI

Konsumsi energi dari bahan bakar pada masa depan akan semakin meningkat sehingga harus dilakukan penelitian akan bahan bakar alternatif. Salah satunya adalah dimetil eter yang merupakan bahan bakar alternatif ramah lingkungan. Dimetil eter umumnya diproduksi melalui reaksi dehidrasi metanol. Terdapat beberapa metode distilasi untuk memproduksi dimetil eter, salah satunya yaitu distilasi reaktif. Pada proses yang menggunakan kolom distilasi reaktif, diperlukan suatu sistem pengendalian sehingga kemurnian produk yang diperoleh maksimal.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari simulasi dinamik yang digunakan untuk menentukan *control configuration* yang akan digunakan untuk pengendalian proses dan mempelajari kinerja *one-point temperature control* untuk mendapatkan kemurnian DME di produk atas dengan mengendalikan temperatur tahap 5 sebagai *inferential sensor*. *Manipulated variable* yang digunakan yaitu rasio *reflux* dan *reflux rate*. Melalui penelitian ini, akan didapatkan sistem konfigurasi pengendali yang cocok untuk produksi dimetil eter.

Hasil penelitian menunjukkan penggunaan *manipulated variable* berupa rasio *reflux* lebih baik dibandingkan dengan *manipulated variable* berupa *reflux rate*. Penggunaan kedua *manipulated variable* menghasilkan *overshoot* namun pada *manipulated variable* berupa *reflux rate* menghasilkan lebih banyak osilasi. Berdasarkan kriteria *error* ISE, IAE, ITSE, dan ITAE maka PID memiliki kinerja yang lebih baik.

Kata kunci: dimetil eter, distilasi reaktif, pengendalian proses

ABSTRACT

Fuel-based energy consumption will be increased in the future, therefore researches upon alternative fuel must be done. One of those is dimethyl ether, an eco-friendly fuel alternative. Dimethyl ether is commonly produced by dehydrating methanol. There are many distillation methods that can be used to produce dimethyl ether, reactive distillation is one. In a process which utilize reactive distillation column, to get the purest product, a control system is necessary.

The purpose of this research is to learn dynamic simulation that is used to determine which control configuration is best used in process control and to observe the performance of one-point temperature control of dimethyl ether purity on distillate by analyzing the performance of single-point PI configuration. By this research, a compatible control configuration system for dimethyl ether synthesis will be achieved.

The result of this research shows that reflux ratio as manipulated variable is better than reflux rate. Both manipulated variables generate an overshoot in their responses, but reflux rate produces a greater noise.

Keyword: dimethyl ether, reactive distillation, process control

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi yang besar pada masa depan di negara-negara Asia dan Pasifik akan menyebabkan pertumbuhan ekonomi yang konstan apabila pasokan energinya terbatas. Masalah lingkungan akibat konsumsi bahan bakar juga akan menghambat pertumbuhan ekonomi di negara-negara ini. Dari data BPH MIGAS dari tahun 2006 – 2017, menunjukkan bahwa konsumsi BBM di Indonesia mengalami peningkatan tiap tahun. Salah satu alternatif dalam konsumsi bahan bakar yang ramah lingkungan yaitu dimetil eter (DME).

DME adalah gas tidak berwarna dan mudah terbakar pada tekanan rendah. Sifat fisik dan sifat kimia DME sangat mirip dengan gas bertekanan rendah sehingga dapat menjadi pengganti gas bertekanan rendah (Ogawa dkk., 2003). DME juga tidak bersifat korosif terhadap logam (Chumaidi dkk., 2016). DME merupakan pengganti yang potensial untuk bahan bakar diesel karena memiliki angka *cetane* yang tinggi dan pembakarannya bebas jelaga. Selain itu, rata-rata pada beban mesin yang tinggi, DME memiliki efisiensi pembakaran yang tinggi dibandingkan dengan bahan bakar diesel (Sasongko dkk., 2016). Pembakaran DME tidak menghasilkan polutan seperti hidrokarbon, karbon monoksida, nitrogen oksida, dan partikulat (Vakili dkk., 2011).

Untuk menjadikan DME sebagai pengganti bahan bakar diesel, dibutuhkan DME dalam jumlah besar sehingga DME perlu diproduksi sebanyak mungkin. Dalam pembuatan DME, reaksi yang umumnya digunakan yaitu reaksi dehidrasi metanol. Metanol dihasilkan dari sintesis *syngas* dan proses ini disebut juga dengan proses dua langkah. Proses pembuatan DME dengan cara konvensional membutuhkan reaktor dan beberapa kolom distilasi. Penggunaan reaktor dan beberapa kolom distilasi ini akan mengakibatkan biaya kapital yang cukup tinggi dan membutuhkan energi yang lebih besar sehingga akan meningkatkan biaya operasi sehingga dikembangkan suatu metode alternatif dalam pembuatan DME yaitu dengan menggunakan *reactive distillation* (RD).

Pada kolom RD terdapat dua buah kolom distilasi dan sebuah reaktor yang diintegrasikan dalam sebuah kolom. Kolom RD dapat mengurangi biaya kapital dan juga biaya

operasi karena reaktor dan kolom distilasi diintegrasikan dalam sebuah kolom. Pada penggunaannya, kolom RD digunakan dengan menambahkan katalis sehingga dapat mempercepat reaksi yang terjadi serta dapat meningkatkan selektivitas terhadap produk yang diinginkan. Kolom RD ini membutuhkan pengendalian agar dapat menghasilkan kemurnian DME yang tinggi dan konversi metanol yang tinggi.

1.2. Tema Sentral Masalah

Tema sentral penelitian ini adalah simulasi dinamik dan simulasi pengendalian proses *one point temperature control* dan *two point temperature control* pada kolom *reactive distillation* dalam produksi DME dari proses dehidrasi metanol untuk mendapatkan kemurnian DME dan konversi maksimal dengan Aspen Plus dan Aspen Plus Dynamics.

1.3. Identifikasi Masalah

1. Bagaimana melakukan pemodelan dan memvalidasi model proses distilasi reaktif untuk produksi DME dengan menggunakan data literatur?
2. Bagaimana simulasi dinamik digunakan untuk menentukan *control configuration* yang akan digunakan untuk pengendalian proses?
3. Bagaimana kinerja *one-point temperature control* untuk mendapatkan kemurnian DME pada produk atas?

1.4. Premis-Premis Penelitian

1. Model termodinamika yang digunakan adalah NRTL (Wahid dan Putra, 2018) atau model termodinamika: SR-POLAR, PRWS, RKSWS, dan PRMHV2 (Al-Malah, 2017)
2. Reaksi yang digunakan adalah $2\text{CH}_3\text{OH} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (Zhu, dkk. 2010)
3. Produksi DME dapat menggunakan proses *reactor-separator-recycle*, *Combined gas-phase reactor and reactive distillation*, dan kolom *reactive distillation* (Bildea, dkk., 2017; Wahid dan Putra, 2018)
4. Kondisi umpan metanol adalah 12 bar dan 25°C (Bildea, dkk.,2017), yang dipanaskan menggunakan produk bawah menjadi 12 bar, 85,4°C (Bildea, dkk., 2017; Wahid dan Putra, 2018)

5. Jumlah tahap RD untuk produksi DME adalah 52, zona *rectifying* berada pada tahap 1-7, zona reaktif berada pada tahap 8-41, dan zona *stripping* berada pada tahap 42-52 (Wahid dan Putra, 2018)
6. Rasio *reflux* yang digunakan sebesar 6,117 dengan beban reboiler sebesar 8,485/MW (Bildea, dkk.,2017)
7. Reaksi dehidrasi metanol dapat menggunakan katalis amberlyst-35 (Bildea dkk, 2017) dan resin penukar ion asam sulfonat (Lei, dkk., 2011)
8. Kinetika reaksi untuk dehidrasi metanol dengan katalis resin penukar ion asam sulfonat yaitu $r_{DME} = k W_{cat} [MeOH]^m [H_2O]^n$ (Lei, dkk., 2011)
dengan: A= tetapan Arrhenius (= $5,19 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ kg cat}^{-1} \text{ s}^{-1}$)
Ea= energi aktivasi (= $133,8 \text{ kJ mol}^{-1}$)
m= orde reaksi metanol (= 1,51)
n= orde reaksi air (= -0,51)
9. Kinetika reaksi untuk dehidrasi metanol dengan katalis Amberlyst-35 yaitu

$$r = \frac{k_s}{\left(1 + \frac{K_W c_W}{K_M c_M}\right)^2} \left(1 - \frac{1}{K_{eq}} \frac{c_D c_W}{c_M^2}\right) \quad (\text{Bildea, dkk.,2017})$$

- dengan: $k_s = 6,12 \times 10^9 \exp(-11793/T)$, kmol / (kg·s)
 $K_W/K_M = \exp(-6,46 + 2964,0/T)$
 $K_{eq} = \exp(-2,6305 + 2787/T)$

1.5. Tujuan Penelitian

1. Mempelajari simulasi dinamik yang digunakan untuk menentukan *control configuration* yang akan digunakan untuk pengendalian proses
2. Mempelajari kinerja *one-point temperature control* untuk mendapatkan kemurnian DME pada produk atas

1.6. Manfaat Penelitian

1.6.1. Bagi Peneliti

1. Mampu mengintegrasikan proses konvensional menjadi RD untuk produksi DME dari dehidrasi metanol

2. Mampu melakukan simulasi proses RD dari reaksi dehidrasi metanol untuk produksi DME

1.6.2. Bagi Industri

1. Mampu memberikan energi alternatif yang lebih ramah lingkungan
2. Mampu menurunkan konsumsi energi dalam produksi DME

1.6.3. Bagi Negara Indonesia

Memberikan inovasi dan teknologi baru dalam negeri untuk produksi DME di Indonesia.