

**STUDI PERBANDINGAN *CONTROL STRUCTURE*
PADA KOLOM DISTILASI REAKTIF UNTUK
SINTESIS DIMETIL ETER**

Proposal Penelitian

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

Oleh:

Aldi Rifky Maulana

(2017620110)

Pembimbing:

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



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

BANDUNG

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : STUDI PERBANDINGAN *CONTROL STRUCTURE*
PADA KOLOM DISTILASI REAKTIF UNTUK
SINTESIS DIMETIL ETER**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui ,
Bandung, 7 September 2021

Pembimbing



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


LEMBAR REVISI

**JUDUL : STUDI PERBANDINGAN *CONTROL STRUCTURE*
PADA KOLOM DISTILASI REAKTIF UNTUK
SINTESIS DIMETIL ETER**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui ,
Bandung, 7 September 2021

Penguji


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


Arenst Andreas Arie, S.T., S.Si., M.Sc.,



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aldi Rifky Maulana

NRP : 6217110

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

STUDI PERBANDINGAN *CONTROL STRUCTURE* PADA KOLOM DISTILASI REAKTIF UNTUK SINTESIS DIMETIL ETER

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 pertanyaan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 1 September 2021

Aldi Rifky Maulana

(2017620110)

INTISARI

Seiring dengan meningkatnya konsumsi energi kualitas udara yang buruk dan ketersediaan minyak di masa depan, menyebabkan diperlukannya bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan berbasis non-minyak. Salah satu bahan bakar alternatif tersebut adalah dimetil eter (DME). Dalam pembuatan DME, umumnya menggunakan reaksi dehidrasi metanol. Proses pembuatan DME dengan cara konvensional membutuhkan reaktor dan beberapa kolom distilasi yang membutuhkan 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 kolom distilasi reaktif. Pada kolom distilasi reaktif, proses distilasi dan reaksi dilakukan dalam satu kolom, sehingga menghasilkan penghematan 30% dalam biaya modal dan 6% dalam kebutuhan energi dibandingkan dengan proses sintesis DME konvensional untuk tingkat produksi yang sama. Namun, kombinasi reaksi dan distilasi yang dilangsungkan pada satu kolom menjadikannya sistem yang sangat kompleks dengan multiple steady-state, non-linearitas proses yang tinggi, dan interaksi yang kuat antar variabel prosesnya. Maka dari itu, dibutuhkan control structure yang tepat dan memiliki kinerja yang baik dalam mencapai kemurnian DME dan konversi metanol yang tinggi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari simulasi dinamik yang digunakan dalam menentukan *control configuration* yang akan digunakan untuk pengendalian proses dan mempelajari kinerja one-point control dan two-point control untuk mendapatkan kemurnian DME di produk atas dan konversi metanol. Melalui penelitian ini, akan dibandingkan kedua *control structure* dengan menggunakan parameter *error ITAE*. Nilai ITAE yang lebih kecil menunjukkan *error* yang lebih kecil dan kinerja yang lebih baik.

Penelitian ini menggunakan konfigurasi pengendalian *one-point control* dan *two-point control configuration* untuk proses sintesis DME dengan kolom distilasi reaktif. Kedua konfigurasi tersebut dibandingkan dengan uji *set point tracking* dan *disturbance rejection*. Hasil yang diperoleh adalah kedua konfigurasi pengendalian tersebut dapat melakukan *set-point tracking* dan mengatasi *disturbance rejection*. Dengan menggunakan parameter *error ITAE*, diperoleh hasil bahwa *two-point control* memiliki nilai ITAE yang lebih kecil dalam uji *set-point tracking*, yaitu 5,5851. Sedangkan pada uji *disturbance rejection*, *one-point control* memiliki nilai ITAE yang lebih kecil dengan nilai 0,5789.

Kata kunci: Dimetil eter, distilasi reaktif, *control structure*, aspen

ABSTRACT

Along with the increasing consumption of energy, poor air quality, and the availability of oil in the future, there is a need for alternative fuels that are environmentally friendly and non-oil-based. One of these alternative fuels is dimethyl ether (DME). In the manufacture of DME, generally using methanol dehydration reaction. The conventional process of making DME requires a reactor and several distillation columns which require high capital cost and higher energy so that it will increase operating costs. In a reactive distillation column, the distillation and reaction processes are carried out in one column, resulting in a savings of 30% in capital costs and 6% in energy requirements compared to conventional DME synthesis processes for the same production rate. However, the combination of reaction and distillation carried out on a single column makes it a very complex system with multiple steady-states, high process nonlinearity, and strong interactions between the process variables. Therefore, an appropriate control structure is needed and has good performance in achieving DME purity and high methanol conversion.

The purpose of this research is to study the dynamic simulation used in determining the control configuration that will be used for process control and to study the performance of one-point control and two-point control to obtain DME purity in the above product and methanol conversion. Through this research, the two control structures were compared using the ITAE error parameter. A smaller ITAE value indicates less error and better performance.

This study used a single-point control configuration and two-point control configuration for the DME synthesis process with a reactive distillation column. Both configurations are compared with set-point tracking and interference rejection tests. The results obtained are that both control configurations can perform set-point tracking and reject interference. By using the ITAE error parameter and observing the dynamic response, the conclusion is that the two-point control has a smaller ITAE value in the set-point tracking and rejection disturbance tests.

Keyword: Dimethyl ether, reactive distillation, *control structure*, aspen

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan berjudul penelitian “Studi Perbandingan Control Structure pada Kolom Distilasi Reaktif untuk Sintesis Dimetil Eter” dengan tepat waktu. Penulisan proposal penelitian ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah CHE183640.02 untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 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, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih secara khusus kepada:

1. Orang tua serta keluarga penulis atas doa dan dukungannya yang telah diberikan kepada penulis selama menyusun laporan penelitian
2. Dr.Ir. Budi Husodo Bisowarno, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran dan waktunya selama proses penyusunan laporan penelitian ini.
3. Teman – teman penulis yang telah memberikan dukungan, masukan serta semangat selama proses penyusunan laporan penelitian ini.
4. Semua pihak yang telah turut berkontribusi dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai bahan perbaikan bagi penulis. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih atas perhatian pembaca dan berharap agar laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 25 Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	2
1.4 Premis – Premis Penelitian	2
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
1.6.1 Bagi Peneliti	4
1.6.2 Bagi Industri	4
1.6.3 Bagi Negara Indonesia.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Dimetil Eter.....	6
2.2 Aplikasi DME	6
2.2.1 DME sebagai Bahan Pengganti LPG	7
2.2.2 DME sebagai Bahan Bakar Mesin Pengapian Kompresi (<i>Diesel</i>)	7
2.2.3 DME sebagai Propelan	8
2.3 Bahan Baku DME	9
2.4 Proses Pembuatan DME	9
2.5 Katalis pada Sintesis DME	11
2.5.1 Katalis pada Reaksi Sintesis Metanol.....	11
2.5.2 Katalis pada Proses Dehidrasi Metanol Menjadi DME.....	12

2.6	Distilasi	13
2.7	<i>Reactive Distillation</i>	14
2.8	Distilasi Reaktif pada Sintesis DME	15
2.8.1	Desain	16
2.9	<i>Control Structure</i>	18
2.9.1	<i>One Point Control</i>	20
2.9.2	<i>Two Point Control</i>	21
2.9.3	<i>Model Predictive Control</i>	22
2.10	Fungsi Alih FOPDT (First Order Plus Dead Time).....	23
2.11	<i>Controller</i>	24
2.11.1	<i>Proportional-Integral Controller (PI)</i>	24
2.11.2	<i>Proportional-Integral-Derivative Controller (PID)</i>	25
2.11.3	MPC Controller	25
2.12	<i>Tuning Controller</i>	26
2.12.1	Metode Ziegler-Nichols.....	26
2.12.2	Metode Tyreus-Luyben	26
2.12.3	Metode Cohen-Coon	27
2.13	Aspen	27
2.14	RadFrac	28
2.15	Model Termodinamika	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		30
3.1	Prosedur Penelitian	30
3.2	Pemodelan Proses Kondisi Tunak	31
3.3	Validasi Model.....	33
3.4	Penentuan Model Dinamik	34
3.5	Simulasi Konfigurasi Kontrol.....	34
3.6	Jadwal Kerja	35
BAB IV PEMBAHASAN		36
4.1	Pemodelan Proses Kondisi Tunak	36
4.2	Validasi Model.....	38
4.3	Penentuan Model FOPDT.....	40
4.4	Perancangan <i>Controller</i>	40
4.4.1	<i>Reflux Ratio</i>	41
4.4.2	<i>Reboiler Duty</i>	43

4.5	Simulasi Konfigurasi Kontrol	45
4.6	<i>One-Point Control Configuration</i>	46
4.6.1	<i>Set Point Tracking</i>	46
4.6.1.1	Set Point -5%	47
4.6.1.2	Set Point +5%	48
4.6.1.3	Set Point -7%	49
4.6.1.4	Set Point +7%	49
4.6.2	<i>Disturbance Rejection</i>	50
4.6.2.1	Disturbance -5%	50
4.6.2.2	Disturbance +5%	51
4.6.2.3	Disturbance -7%	52
4.6.2.4	Disturbance +7%	53
4.6.3	<i>Controller Performance pada One-Point Control Configuration</i>	54
4.7	<i>Two Point Control Configuration</i>	55
4.7.1	<i>Set Point Tracking</i>	56
4.7.1.1	Set Point (T5) -5%	57
4.7.1.2	Set Point T47 -5%	58
4.7.1.3	Set Point (T5) +5%	59
4.7.1.4	Set Point (T5) -7%	60
4.7.1.5	Set Point (T47) -7%	62
4.7.1.6	Set Point (T5) +7%	63
4.7.2	<i>Disturbance Rejection</i>	64
4.7.2.1	Disturbance -5%	65
4.7.2.2	Disturbance +5%	66
4.7.2.3	Disturbance -7%	68
4.7.2.4	Disturbance +7%	69
4.7.3	<i>Controller Performance pada Two-Point Control Configuration</i>	71
4.8	Perbandingan Kinerja <i>Controller</i> pada <i>One-Point</i> dan <i>Two-Point Control Configuration</i>	74
4.8.1	<i>Set Point Tracking</i>	74
4.8.2	<i>Disturbance Rejection</i>	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		78
5.1	Kesimpulan	78
5.2	Saran	78

DAFTAR PUSTAKA.....	79
---------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur DME	6
Gambar 2.2 Skema Kolom Distilasi	14
Gambar 2.3 Diagram Skema Distilasi Reaktif	16
Gambar 2.4 Profil Temperatur dan Laju Reaksi Sepanjang Kolom Distilasi Reaktif.....	17
Gambar 2.5 Konfigurasi One Point PI Control	21
Gambar 2.6 Konfigurasi Two-Point PI Control	22
Gambar 2.7 Konfigurasi MPC Control	23
Gambar 2.8 Respon model FOPDT terhadap Perubahan Step Input	24
Gambar 2.9 Performance dari PI <i>controller</i>	25
Gambar 2.10 Prosedur Pemilihan Model Termodinamika.....	29
Gambar 3.1 Bagan Kerja Penelitian	30
Gambar 3.2 Desain Kolom Distilasi Reaktif.....	31
Gambar 3.3 Profil Temperature dan Laju Reaksi pada Setiap Tahap	33
Gambar 4. 1 Spesifikasi Kolom Distilasi Reaktif (Bîldea et al., 2017).....	36
Gambar 4. 2 Pengaruh <i>Reflux Ratio</i> terhadap Temperatur Tahap 5.....	37
Gambar 4. 3 Pengaruh <i>Reboiler Duty</i> terhadap Temperatur Tahap 47	37
Gambar 4. 4 Pengaruh Laju Alir Umpan terhadap Temperatur Tahap 5	38
Gambar 4. 5 Profil Temperatur dan Laju Reaksi Tiap Tahap Simulasi	39
Gambar 4. 6 Profil Temperatur dan Laju Reaksi Tiap Tahap Literatur (Bîldea dkk., 2017)	39
Gambar 4. 7 <i>Open Loop Dynamics Responses</i> untuk Pengaruh <i>Reflux Ratio</i> terhadap T5	41
Gambar 4. 8 <i>Open Loop Dynamics Responses</i> untuk Pengaruh <i>Reflux Ratio</i> terhadap T47	42
Gambar 4. 9 <i>Open Loop Dynamics Responses</i> untuk Pengaruh <i>Reboiler Duty</i> terhadap T47	43
Gambar 4. 10 <i>Open Loop Dynamics Responses</i> untuk Pengaruh <i>Reboiler Duty</i> terhadap T5	44
Gambar 4. 11 Respon PID <i>Controller</i> terhadap <i>Set Point (T5) -5%</i> pada <i>One-Point Control</i>	47

Gambar 4. 12 Respon PID Controller terhadap Set Point (T_5) +5% pada One-Point Control	48
Gambar 4. 13 Respon PID Controller terhadap Set Point (T_5) -7% pada One-Point Control	49
Gambar 4. 14 Respon PID Controller terhadap Set Point (T_5) +7% pada One-Point Control	50
Gambar 4. 15 Respon PID Controller terhadap Disturbance -5%% pada One-Point Control	51
Gambar 4. 16 Respon PID Controller terhadap Disturbance +5% pada One-Point Control	52
Gambar 4. 17 Respon PID Controller terhadap Disturbance -7% pada One-Point Control	53
Gambar 4. 18 Respon PID Controller terhadap Disturbance +7% pada One-Point Control	54
Gambar 4. 19 Respon PID Controller terhadap Set Point (T_5) -5% pada Two-Point Control : (a) Temperatur Tahap 5, (b) Temperatur Tahap 47.....	57
Gambar 4. 20 Respon PID Controller terhadap Set Point (T_{47}) -5% pada Two-Point Control : (a) Temperatur Tahap 5, (b) Temperatur Tahap 47	59
Gambar 4. 21 Respon PID Controller terhadap Set Point (T_5) +5% pada Two-Point Control : (a) Temperatur Tahap 5, (b) Temperatur Tahap 47.....	60
Gambar 4. 22 Respon PID Controller terhadap Set Point (T_5) -7% pada Two-Point Control : (a) Temperatur Tahap 5, (b) Temperatur Tahap 47.....	61
Gambar 4. 23 Respon PID Controller terhadap Set Point (T_{47}) -7% pada Two-Point Control : (a) Temperatur Tahap 5, (b) Temperatur Tahap 47.....	62
Gambar 4. 24 Respon PID Controller terhadap Set Point (T_5) +7% pada Two-Point Control : (a) Temperatur Tahap 5, (b) Temperatur Tahap 47.....	64
Gambar 4. 25 Respon PID Controller terhadap Disturbance -5% pada Two-Point Control : (a) Temperatur Tahap 5, (b) Temperatur Tahap 47.....	66
Gambar 4. 26 Respon PID Controller terhadap Disturbance +5% pada Two-Point Control : (a) Temperatur Tahap 5, (b) Temperatur Tahap 47.....	67
Gambar 4. 27 Respon PID Controller terhadap Disturbance -7% pada Two-Point Control : (a) Temperatur Tahap 5, (b) Temperatur Tahap 47.....	69
Gambar 4. 28 Respon PID Controller terhadap Disturbance +7% pada Two-Point Control : (a) Temperatur Tahap 5, (b) Temperatur Tahap 47.....	70

Gambar 4. 29 Perbandingan Respon Dinamik pada One-Point dan Two Point Control Configuration terhadap Uji Set Point Tracking	75
Gambar 4. 30 Perbandingan Respon Dinamik pada One-Point dan Two Point Control Configuration terhadap Uji Disturbance Rejection	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Sifat DME dan Diesel.....	8
Tabel 2.2 Pengaturan Ziegler-Nichols untuk Tiga Jenis <i>Controller</i>	26
Tabel 2.3 Pengaturan Tyreus-Luyben untuk PI dan PID <i>Controller</i>	27
Tabel 3.1 Parameter Desain Kolom Distilasi Reaktif (Data Desain)	32
Tabel 3.2 Parameter Desain Kolom Distilasi Reaktif (Data Operasi).....	32
Tabel 3.3 Jadwal Kerja Penelitian	35
Tabel 4. 1 Parameter Model dari Hubungan Reflux Ratio dengan $T5$	42
Tabel 4. 2 Parameter Controller dari hubungan Reflux Ratio dengan $T5$	42
Tabel 4. 3 Parameter Model dari Hubungan Reflux Ratio dengan $T47$	42
Tabel 4. 4 Parameter Controller dari Hubungan Reflux Ratio dengan $T47$	43
Tabel 4. 5 Parameter Model dari Hubungan Reboiler Duty dengan $T47$	43
Tabel 4. 6 Parameter Model dari Hubungan Reboiler Duty dengan $T47$	44
Tabel 4. 7 Parameter Model dari Hubungan Reboiler Duty dengan $T5$	44
Tabel 4. 8 Parameter Controller dari Hubungan Reboiler Duty dengan $T5$	45
Tabel 4. 9 Nilai ITAE pada One-Point Control.....	55
Tabel 4. 10 Nilai ITAE pada Kasus Set Point Tracking.....	71
Tabel 4. 11 Nilai ITAE pada Kasus Disturbance Rejection	72
Tabel 4. 12 Perbandingan Nilai ITAE pada Uji Set Point Tracking	74
Tabel 4. 13 Perbandingan Nilai ITAE pada Uji Distrubance Rejection.....	76

DAFTAR SIMBOL

A = Tetapan Arrhenius

B = Laju alir produk bawah

CO₂ = Karbon dioksida

D = Laju alir distilat

DME = Singkatan dari dimetil eter

E_a = Energi aktivasi

$e(t)$ = Selisih antara *set-point* dengan *controlled variable (CV)*

K = *Process gain*, nilai respon untuk setiap perubahan step pada input

K_c = *controller gain*

K_u = *Ultimate gain*

NO_x = Nitrogen Oksida

P = Tekanan

P_u = *Ultimate period*

Q_C = Beban kondensor

Q_R = Beban *reboiler*

R = Rasio *reflux*

RD = Singkatan dari *reactive distillation*

SO_x = Sulfur Oksida

t = Waktu

τ = *Time constant*, waktu yang diperlukan proses untuk menyesuaikan terhadap input

θ = *Time delay*, waktu pada saat mulai terjadi perubahan pada sistem dikurangi dengan waktu perubahan input

τ_c = konstanta waktu *closed loop* yang diinginkan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menanggapi situasi kualitas udara yang buruk, keamanan energi dan ketersediaan minyak di masa depan, membuat komunitas global mencari bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan berbasis non-minyak melalui beberapa penelitian. Melansir data dari Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH MIGAS) dari tahun 2006 – 2017, konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia mengalami peningkatan tiap tahunnya. Salah satu energi alternatif yang sedang diminati dan menjadi perhatian beberapa tahun terakhir adalah Dimetil Eter (DME).

DME merupakan eter sederhana yang biasa digunakan sebagai propelan dan juga bahan bakar alternatif solar. Kandungan bilangan cetane yang tinggi dan jumlah emisi NO_x, CO, dan partikulat yang lebih rendah, menjadikan DME sebagai bahan bakar alternatif solar yang sangat bijak untuk digunakan. Mengingat sifat DME yang tidak beracun, tidak karsinogenik, mudah terurai di atmosfer dan memiliki nilai cetane yang tinggi (mencapai 60) menjadikannya kandidat kuat sebagai bahan bakar alternatif mesin diesel (De Carvalho E Silva 2006). DME juga dikenal sebagai alternatif Liquefied Petroleum Gas (LPG) karena sifat fisiknya yang menyerupai LPG (Wahid and Putra 2018).

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).

Proses sintesis DME menggunakan reaktif distilasi menghasilkan penghematan 30% dalam biaya modal dan 6% dalam kebutuhan energi dibandingkan dengan proses sintesis DME konvensional untuk tingkat produksi yang sama. Kombinasi reaksi dan distilasi yang dilangsungkan pada satu kolom membuat proses distilasi reaktif lebih menguntungkan. Namun, menjadikannya sistem yang sangat kompleks dengan *multiple steady state*, non-

linearitas proses yang tinggi, dan interaksi yang kuat antara variabel proses. Maka dari itu, dibutuhkan *control structure* yang tepat dan memiliki kinerja paling baik dalam mencapai kemurnian DME dan konversi metanol yang tinggi.

Penelitian ini sebelumnya telah dilakukan oleh Kimbrian dan Jaquelyn (2020) dengan menggunakan *control structure one-point temperature control*. Pada penelitian sebelumnya diperoleh hasil bahwa *manipulated variable* berupa *reflux ratio* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan *reflux rate*. Kemudian diperoleh hasil juga bahwa *PID controller* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan *PI controller*. Penelitian tersebut dilanjutkan pada penelitian ini dengan melakukan percobaan menggunakan *one-point control configuration* dan *two-point control configuration* untuk dibandingkan kinerja dari *PID controller* pada masing-masing konfigurasi.

1.2 Tema Sentral Masalah

Tema sentral penelitian ini adalah simulasi dinamik menggunakan *one-point control configuration* dan *two-point control configuration* pada kolom *reactive distillation* dalam produksi DME dari proses dehidrasi metanol untuk mendapatkan kemurnian DME dan konversi metanol 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 structures* yang akan digunakan untuk pengendalian proses?
3. Bagaimana kinerja *PID controller* pada *one-point control configuration* untuk mendapatkan kemurnian DME pada produk atas?
4. Bagaimana kinerja *PID controller* pada *two-point control configuration* untuk mendapatkan kemurnian DME di produk atas dan konversi reaktan?

1.4 Premis – Premis Penelitian

1. Model termodinamika yang digunakan adalah NRTL pada fasa cair dan Redlich-Kwong (RK) pada fasa uap (Wahid dan Putra, 2018) atau model termodinamika: SR-POLAR, PRWS, RKSWS, dan PRMHV2 (Al-Malah, 2017).
2. Reaksi yang digunakan pada percobaan ini adalah $2CH_3OH \leftrightarrow CH_3OCH_3 + H_2O$

3. Produksi DME dapat menggunakan proses *reactor-separator-recycle*, *Combined gas-phase reactor and reactive distillation*, dan kolom *reactive distillation* (Bîldea et al. 2017; Wahid and Putra 2018)
4. Kondisi umpan metanol adalah 12 bar dan 25°C yang dipanaskan menggunakan produk bawah menjadi 12 bar, 85,4°C (Bîldea et al. 2017)
5. Jumlah tahap pada kolom RD adalah 52, dengan zona *rectifying* pada tahap 1 – 7, zona *reactive* pada tahap 8 – 41, dan zona *stripping* pada tahap 42 – 52 (Wahid and Putra 2018)
6. Rasio *reflux* yang digunakan sebesar 6,177 dengan beban reboiler sebesar 8,49 MW (Bîldea et al. 2017)
7. Reaksi dehidrasi metanol dapat menggunakan katalis amberlyst-35 dan resin penukar ion (Bîldea et al. 2017)
8. Kinetika reaksi yang digunakan pada reaksi dehidrasi metanol dengan katalis resin penukar ion yaitu: (Lei et al. 2011; Wahid and Putra 2018)

$$r_{DME} = k'[MeOH]^m[H_2O]^n$$

Dengan:

$$k' = A_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$

$$A_0 = \text{Tetapan Arrhenius} (= 5,19 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ kg cat}^{-1} \text{ s}^{-1})$$

$$E_a = \text{Energi Aktivasi} (= 133,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}})$$

$$m = \text{orde reaksi metanol} (= 1,51)$$

$$n = \text{orde reaksi air} (= -0,51)$$

9. Kinetika reaksi untuk dehidrasi metanol dengan katalis Amberlyst-35 yaitu: (Bîldea et al. 2017)

$$r = \frac{k_s}{\left(1 + \frac{K_W C_W}{K_M C_M}\right)^2} \left(1 - \frac{1}{K_{eq}} \frac{C_D C_W}{C^2_M}\right)$$

Dengan:

$$k_s = 6,12 \times 10^9 \exp\left(-\frac{11793}{T}\right), \frac{\text{kmol}}{\text{kg.s}}$$

$$\frac{K_W}{K_M} = \exp\left(-6,46 + \frac{2964,0}{T}\right)$$

$$K_{eq} = \exp\left(-2,6305 + \frac{2787}{T}\right)$$

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari *parameter controller* yang sesuai untuk mengendalikan kemurnian DME dan konversi methanol.
2. Mempelajari kinerja PID *controller* dengan *one-point control configuration* dalam sintesis DME pada kolom distilasi reaktif
3. Mempelajari kinerja PID *controller* dengan *two-point control configuration* dalam sintesis DME pada kolom distilasi reaktif
4. Membandingkan kinerja PID *controller* pada *one-point control configuration* dan *two-point control configuration* dengan menggunakan parameter *error ITAE*.

1.6 Manfaat Penelitian

1.6.1 Bagi Peneliti

1. Mampu mengintegrasikan proses konvensional menjadi kolom distilasi reaktif dalam proses sintesis dimetil eter dari dehidrasi metanol
2. Mampu melakukan simulasi proses reaktif distilasi dari reaksi dehidrasi metanol untuk produksi dimetil eter

1.6.2 Bagi Industri

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

1.6.3 Bagi Negara Indonesia

1. Memberikan inovasi dan teknologi baru dalam negeri untuk produksi DME di Indonesia
2. Mampu mengurangi polusi dari bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia