



**STUDI DINAMIKA *REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN* PADA SINTESIS DIMETIL ETER DARI METANOL MENGGUNAKAN *ASPEN PLUS DYNAMICS®***

**Laporan Penelitian**

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

oleh :

**Ferdian ( 6211087 )**

Pembimbing :

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

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



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG**

No. Kode : TK FER 5/18 2018  
Tanggal : 8 Februari 2018  
No. Ind. : 4303 - FTI / SKP 36851  
Divisi :  
Matrik / Bell :  
Dari : FTI



## LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL: STUDI DINAMIKA *REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN*  
PADA SINTESIS DIMETIL ETER DARI METANOL  
MENGUNAKAN *ASPEN PLUS DYNAMICS®***

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung , 04 Juli 2018

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

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

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



## SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ferdian

NPM : 2011620087

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**STUDI DINAMIKA *REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN* PADA  
SINTESIS DIMETIL ETER DARI METANOL MENGGUNAKAN *ASPEN  
PLUS DYNAMICS®***

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat, materi atau sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika tidak sesuai dengan pernyataan maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 04 Juli 2018

Ferdian  
(2011620087)



## LEMBAR REVISI

JUDUL: **STUDI DINAMIKA *REACTIVE DIVIDING WALL COLUMN* PADA  
SINTESIS DIMETIL ETER DARI METANOL MENGGUNAKAN  
*ASPEN PLUS DYNAMICS*®**

Catatan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, Juli 2018

Penguji

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

Penguji

Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian dengan judul “**Studi Dinamika *Reactive Dividing Wall Column* Pada Sintesis Dimetil Eter Dari Metanol Menggunakan *Aspen Plus Dynamics*®**”. Proposal penelitian ini dibuat disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar sarjana di bidang Ilmu Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Penyusunan proposal penelitian ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang mendukung penulis dalam penyusunan proposal ini, diantaranya adalah :

1. Bapak Tedi Hudaya, S.T., M. Eng. Sc., Ph. D selaku dosen payung yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik yang membangun kepada penulis selama penyusunan proposal ini
2. Bapak I Gede Pandega Wiratama, S.T., M. T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, kritik yang membangun dan masukan-masukan kepada penulis selama penyusunan proposal ini,
3. Teman-teman penulis yang telah memberikan masukan-masukan, kritik dan saran yang membangun selama penyusunan proposal penelitian ini,
4. Serta semua pihak lainnya yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama penyusunan proposal penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak ketidaksempurnaan dalam penyusunan laporan penelitian ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar dapat menjadi bahan perbaikan dalam laporan penelitian berikutnya.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih atas perhatian pembaca. Penulis berharap semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 04 Juli 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

COVER .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
LEMBAR REVISI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
INTISARI .....	xi
ABSTRACT .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Premis .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Dinamika Proses .....	5
2.1.1 Kontrol Proses .....	5
2.1.2 Dinamika Proses .....	6
2.1.2.1 Bentuk-bentuk Umum Fungsi Alih .....	8
2.1.2.2 Metode Penentuan Parameter Fungsi Alih .....	9
2.2 Distilasi .....	11
2.2.1 Reactive Dividing Wall Column (RDWC) .....	13

2.3 Dehidrasi.....	15
2.3.1 Metanol.....	15
2.3.2 Dimetil Eter.....	16
2.3.3 Katalis $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	17
2.4 Kinetika Reaksi Dehidrasi Dimetil Eter dari Metanol.....	17
2.5 Parameter Termodinamika.....	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 Validasi Sistem.....	21
3.1.1 Studi Literatur.....	21
3.1.2 Proses Validasi <i>Steady-state</i> menggunakan <i>Aspen Plus</i> .....	23
3.2 Simulasi Dinamika.....	24
3.3 Pencarian Nilai Parameter <i>Transfer Function</i> .....	25
3.4 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	25
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b> .....	<b>26</b>
4.1 Validasi Model.....	26
4.2 Simulasi Dinamika.....	28
4.3 Model dan Fungsi Alih.....	29
4.3.1 Perubahan <i>Reboiler duty</i> terhadap Komposisi Dimetil Eter pada aliran keluaran Distilat.....	29
4.3.2 Perubahan <i>Reboiler duty</i> terhadap komposisi Metanol pada aliran keluaran Metanol.....	30
4.3.3 Perubahan laju <i>reflux</i> terhadap komposisi Dimetil Eter pada aliran keluaran Distilat.....	32
4.3.4 Perubahan laju <i>reflux</i> terhadap komposisi Metanol pada aliran keluaran Metanol.....	33
4.4 Sensitivitas dan Responsivitas.....	35

4.4.1	Perubahan <i>reboiler duty</i> terhadap komposisi dimetil eter dan metanol.....	35
4.4.2	Perubahan laju alir <i>reflux</i> terhadap komposisi dimetil eter dan komposisi metanol.....	36
4.4.3	Perubahan <i>reboiler duty</i> dan laju alir <i>reflux</i> terhadap komposisi dimetil eter.....	36
4.4.4	Perubahan <i>reboiler duty</i> dan laju alir <i>reflux</i> terhadap komposisi metanol.....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		39
DAFTAR PUSTAKA.....		40
LAMPIRAN A.....		41
LAMPIRAN B.....		44
LAMPIRAN C.....		49



## DAFTAR GAMBAR



<b>Gambar 2.1</b> Dinamika Proses.....	7
<b>Gambar 2.2</b> Kolom Distilasi.....	11
<b>Gambar 2.3</b> Perbedaan Antar Kolom.....	13
<b>Gambar 2.4</b> Reaksi Dehidrasi.....	14
<b>Gambar 2.5</b> Pedoman Dalam Pemilihan Parameter Aspen Plus.....	17
<b>Gambar 3.1</b> Profil Perubahan Fraksi Mol setiap Zat pada Setiap Tahap.....	22
<b>Gambar 3.2</b> Model Kolom RDWC untuk sintesis Dimetil Eter dari Metanol.....	23
<b>Gambar 3.3</b> Contoh Jendela di <i>Aspen Plus V8.8</i> .....	24
<b>Gambar 4.1</b> Profil Perubahan <i>Reboiler duty</i> terhadap Komposisi Dimetil Eter (Input-Output).....	29
<b>Gambar 4.2</b> <i>Fitting</i> persamaan Fungsi Alih perubahan <i>Reboiler duty</i> terhadap Komposisi Dimetil Eter.....	29
<b>Gambar 4.3</b> Profil Perubahan <i>Reboiler duty</i> terhadap Komposisi Metanol (Input-Output).....	30
<b>Gambar 4.4</b> <i>Fitting</i> persamaan Fungsi Alih perubahan <i>Reboiler duty</i> terhadap Komposisi Metanol.....	31
<b>Gambar 4.5</b> Profil Perubahan laju <i>reflux</i> terhadap Komposisi Dimetil Eter (Input-Output).....	32
<b>Gambar 4.6</b> <i>Fitting</i> persamaan Fungsi Alih perubahan laju <i>reflux</i> terhadap Komposisi Dimetil Eter.....	32
<b>Gambar 4.7</b> Profil Perubahan laju <i>reflux</i> terhadap Komposisi Metanol (Input-Output).....	33
<b>Gambar 4.8</b> <i>Fitting</i> persamaan Fungsi Alih perubahan laju <i>reflux</i> terhadap Komposisi Metanol.....	34

## DAFTAR TABEL



<b>Tabel 1.1</b> Spesifikasi Kolom RDWC .....	3
<b>Tabel 2.1</b> Perbedaan <i>Reactive Distillation</i> dan Reaktor + Distilasi.....	12
<b>Tabel 2.2</b> Data Fisik Metanol.....	15
<b>Tabel 2.3</b> Data Fisik Dimetil Eter.....	15
<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Kolom RDWC.....	21
<b>Tabel 3.2</b> Matrix Percobaan Studi Dinamika.....	24
<b>Tabel 3.3</b> Tabel Hasil Penelitian.....	25
<b>Tabel 3.4</b> Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	25
<b>Tabel 4.1</b> Data Tambahan hasil Validasi <i>Steady-state</i> .....	26
<b>Tabel 4.2</b> Data Hasil Keluaran Kolom RDWC.....	26
<b>Tabel 4.3</b> Matrix Studi Dinamika.....	28
<b>Tabel 4.4</b> Tabel perubahan <i>reboiler duty</i> terhadap komposisi dimetil eter dan metanol.....	35
<b>Tabel 4.5</b> Perubahan laju alir <i>reflux</i> terhadap komposisi dimetil eter dan komposisi metanol.....	36
<b>Tabel 4.6</b> Tabel perubahan <i>reboiler duty</i> dan laju alir <i>reflux</i> terhadap komposisi dimetil eter.....	36
<b>Tabel 4.7</b> Tabel perubahan <i>reboiler duty</i> dan laju alir <i>reflux</i> terhadap komposisi metanol.....	37



## INTISARI

Dimetil Eter merupakan senyawa kimia turunan dari metanol yang mulai populer digunakan. Dimetil Eter sering digunakan sebagai reagen untuk industri dimetil sulfat, asam asetat, dan lainnya. Selain itu, Dimetil Eter juga sering digunakan sebagai bahan pengganti LPG karena memiliki nilai *butene* yang cukup tinggi. Industri Dimetil Eter yang berasal dari Metanol ini tidak lepas dari proses distilasi dan reaksi dehidrasi. Pada proses distilasi dan reaksi dehidrasi, tentu saja diperlukan adanya suatu keadaan *steady-state* agar proses dapat berjalan dengan optimal dan lebih hemat energi serta biaya. Pada perkembangannya, proses distilasi dan reaksi dehidrasi ini dapat dilakukan pada satu alat proses, yang kemudian disebut dengan *Reactive Dividing Wall Column (RDWC)*. RDWC tentu saja menjadi pilihan yang cukup diminati karena menghemat investasi alat, yang awal mulanya membutuhkan reaktor kemudian kolom distilasi, hanya menjadi satu alat RDWC saja.

Pada penelitian ini, akan dilakukan studi dinamika RDWC pada sintesis Dimetil Eter dari metanol. Karena industri harus berjalan pada keadaan *steady-state*, maka diperlukan adanya suatu kontrol proses yang dapat menjaga nilai CV (*Controlled Variable*) atau output agar tetap pada nilai yang ditentukan. Adanya gangguan yang diberikan pada proses akan merubah nilai MV (*Manipulated Variable*). *Manipulated Variable (MV)* yang akan diubah nilainya pada penelitian ini adalah beban reboiler dan laju *reflux* sedangkan nilai CV yang akan dilihat adalah kemurnian dimetil eter pada keluaran distilat dan metanol pada keluaran metanol.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari bentuk fungsi alih yang menghubungkan antara CV terhadap MV, serta nilai-nilai parameter fungsi alih tersebut. Untuk mencapai tujuan ini, mula-mula akan dibuat model *steady-state* kolom RDWC dalam *Aspen Plus* dan akan divalidasi dengan data literatur yang ada. Setelah divalidasi, akan dilakukan simulasi dinamik dengan cara *step*  $\pm$  5-10% dari input atau MV menggunakan *Aspen Plus Dynamics*, sehingga didapatkan data-data dinamik. Kumpulan data tersebut kemudian di regresi menggunakan beragam model fungsi alih sehingga didapatkan model fungsi alih paling sesuai untuk menggambarkan hubungan antara CV dengan MV.

Dengan perubahan MV sebesar  $\pm$  5-10% didapatkan hasil fungsi alih untuk masing-masing perubahan input (MV) yang mempengaruhi output (CV). Dari hasil penelitian didapatkan bahwa perubahan beban reboiler terhadap komposisi dimetil eter lebih sensitif dan responsif jika dibandingkan dengan perubahan input terhadap output yang lain. Hal ini menandakan bahwa untuk merancang alat kontrol di dalam sistem, sebaiknya dapat menangani perubahan komposisi dimetil eter yang disebabkan oleh perubahan beban reboiler lebih akurat, sehingga kesetimbangan di dalam kolom dapat terjaga.

**Kata kunci:** *reactive dividing wall column*, dinamika proses, fungsi alih, dimetil eter



## ABSTRACT

*Dimethyl Ether is a derived compounds from methanol which its popularity rising in latest decades. Dimethyl Ether usually used as reagent for dimethyl sulphate industries, acetic acid, etc. Furthermore, dimethyl ether often used for replacement for LPG because dimethyl ether have a high butene value. Dimethyl Ether industries which is come from methanol can not be separated from distillation and dehydration process. In distillation and dehydration process, steady-state phase must be reached so the process can run optimizely, less energy needed, and also less cost needed. In its evolution of process, distillation and dehydration process can be done at one column which is prefered since its have less investment cost, which from one column for reactor and one column for distillation, becoming one reactive dividing wall column.*

*In this research, a reactive dividing wall column dynamic study will be done. Because in industries, process must be run at steady-state condition, so we need a process control that can maintain Controlled Variable to stay within a certain value. Any disturbance given into process will change manipulated variable output value. Manipulated variable in this research are reboiler duty and reflux, and Controlled variable in this research are compotition of dimethyl ether at distillate and composition of methanol at side product stream.*

*This research purposed to find the transfer function that connects controlled variable and manipulated variable and all the parameters from transfer function. To reach the conclusion, reactive dividing wall column would be validated in Aspen Plus with all the literature we have. After all the data validated, dynamic simulation would be done with step  $\pm 5-10\%$  from controlled variable with Aspen Plus Dynamics, then dynamics data from the research obtained. All the data would be regressed with various transfer function so the transfer function which is suitable to describe the relation of controlled variable and manipulated variable can be obtained.*

*With modification of manipulated variable for  $\pm 5-10\%$ , transfer function for each manipulated variable which are the input and controlled variable as the output can be obtained. From the research found that fluctuation of reboiler duty for dimethyl ether are more sensitive and more responsive if compared with another change of input and output. This means if process control should be added into the column, controlling compotition of dimethyl ether because of reboiler duty fluctuation should be prioritived since its given the most impact for the column. The control would be needed in the RDWC so the equilibrium and the compotition of dimethyl ether as the product can be protected.*

**Keywords:** *reactive dividing wall column, process dynamics, transfer function, dimethyl ether*

# BAB I

## PENDAHULUAN



### 1.1 Latar Belakang

Dalam proses industri, tidak dapat dipungkiri bahwa dinamika proses adalah salah satu hal yang menjadi permasalahan yang perlu dipelajari. Dengan adanya dinamika proses, sebuah proses industri yang sedang berlangsung tentu saja tidak akan berjalan secara *steady-state*. Maka dari itu diperlukan sebuah perancangan sistem. Saat merancang sistem proses pada sebuah industri, diperlukan model proses dinamik dalam bentuk fungsi alih, yaitu sebuah persamaan yang menggambarkan hubungan antara variabel masukan dan keluaran. Nilai keluaran ini yang akan dijaga nilainya pada saat terjadi perubahan dalam proses, sering juga disebut dengan *Controlled Variable (CV)*. Sedangkan nilai masukan terdiri dari 2 (dua) jenis, yaitu *Disturbance (D)* dan *Manipulated Variable (MV)*. *Disturbance* adalah gangguan atau perubahan nilai yang mungkin terjadi pada saat proses berlangsung, sedangkan *Manipulated Variable* adalah keluaran sistem pengendali yang membuat *Controlled Variable* terjaga nilainya meskipun terjadi perubahan.

Salah satu proses yang bisa ditemukan pada suatu industri adalah distilasi dengan *Reactive Dividing Wall Column (RDWC)*. RDWC merupakan proses yang menggabungkan distilasi bertahap dan reaktor dalam satu alat yang sama dan berjalan secara simultan. Keuntungan dari penggunaan RDWC adalah penghematan biaya dalam sisi investasi terhadap jumlah kolom dan juga energi yang dibutuhkan untuk proses reaksi dan distilasi karena 2 (dua) hal tersebut berjalan pada satu kolom yang sama. Namun ada prinsip dasarnya, RDWC menggunakan konsep distilasi bertingkat yang ditambahkan reaksi di dalamnya.

Distilasi adalah suatu proses pemisahan dua komponen berdasarkan perbedaan titik didih dari setiap komponen tersebut (Perry & Green, 2008). Distilasi merupakan cara pemisahan yang cukup sering digunakan pada beberapa industri kimia, seperti pada farmasi, makanan, *speciality chemical*, *fine chemical*, polimer, dan beberapa industri lainnya. Namun, tidak semua campuran cairan dapat dipisahkan secara sederhana karena ada beberapa campuran yang bersifat azeotropik.

RDWC cocok digunakan untuk menjalankan reaksi yang memerlukan kesetimbangan, salah satunya adalah dehidrasi. Salah satu produk dari reaksi dehidrasi yang berguna di dunia industri adalah Dimetil Eter. Dimetil Eter merupakan produk dehidrasi dari Metanol menggunakan katalis asam dan menghasilkan air sebagai produk sampingnya. Selain itu, Dimetil Eter juga memiliki banyak kegunaan seperti sebagai reagen pada produksi dimetil sulfat, asam asetat dan lainnya.

Dimetil Eter sendiri biasanya dapat diproduksi dari metanol yang dapat berasal dari *syn-gas*, konversi biomassa, gas alam, residu minyak, dan lainnya. Seiring populernya produksi metanol, maka produksi Dimetil Eter yang menjadi produk lanjutan dari metanol ini pun semakin berkembang popularitasnya. Berdasarkan fakta bahwa produk Dimetil Eter dapat menjadi suatu hal yang menguntungkan maka diharapkan produksi Dimetil Eter dengan RDWC dapat menghemat biaya produksi sehingga dapat menciptakan produk yang lebih murah dan hemat energi. Untuk menciptakan produk yang sesuai dengan spesifikasi, diperlukan adanya suatu kondisi optimal. Kondisi optimal ini dapat berubah apabila ada gangguan (*Disturbance*) yang berdampak pada dinamika proses dehidrasi pada kolom RDWC. Maka dari itu, diperlukan studi terhadap kolom RDWC untuk memproduksi Dimetil Eter dan studi dinamika untuk mendapatkan model fungsi alih yang sesuai nilai parameternya sehingga dapat menjaga nilai CV pada kondisi optimal.

## 1.2 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana dinamika *reboiler duty* terhadap kemurnian dimetil eter ?
2. Bagaimana dinamika *reboiler duty* terhadap kemurnian metanol ?
3. Bagaimana dinamika laju *reflux* terhadap kemurnian dimetil eter ?
4. Bagaimana dinamika laju *reflux* terhadap kemurnian metanol ?

## 1.3 Hipotesis

1. Semakin besar *reboiler duty*, maka kemurnian dimetil eter akan semakin tinggi
2. Semakin besar *reboiler duty*, maka kemurnian metanol akan semakin tinggi
3. Semakin besar laju *reflux*, maka kemurnian dimetil eter akan semakin tinggi
4. Semakin besar laju *reflux*, maka kemurnian metanol akan semakin tinggi

#### 1.4 Premis

1. Model kinetika yang digunakan pada reaksi dehidrasi metanol dengan bantuan katalis  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  adalah power law (Kiss., et. al, 2012).
2. Semakin tinggi suhu reaksi, maka konversi akan semakin besar (Won Jun, Ki., et. al, 2001).
3. Semakin besar refluks, semakin tinggi kemurnian produk (An, Weizhu., et. al, 2004).
4. Validasi sistem akan menggunakan data dari Computers & Chemical Engineering 38, 2012 dengan rincian sebagai berikut

#### 1.5 Tujuan Penelitian

1. Mampu mensimulasikan dinamika *reboiler duty* terhadap komposisi dimetil eter
2. Mampu mensimulasikan dinamika *reboiler duty* terhadap komposisi metanol
3. Mampu mensimulasikan dinamika laju *reflux* terhadap komposisi dimetil eter
4. Mampu mensimulasikan dinamika laju *reflux* terhadap komposisi metanol
5. Menentukan fungsi alih yang berpengaruh terhadap perubahan komposisi dalam kolom

#### 1.6 Manfaat Penelitian

##### 1.6.1 Bagi Industri

Mengetahui bagaimana pengaruh dinamika *Controlled Variable* (CV) terhadap *Manipulated Variable* (MV) dalam distilasi *Reactive Dividing Wall Column* (RDWC) yang berguna untuk merancang sistem pengendalian.

##### 1.6.2 Bagi Ilmuwan

1. Mampu melakukan simulasi dinamika produksi Dimetil Eter menggunakan *software*
2. Mampu mengembangkan proses *Reactive Dividing Wall Column* dalam produksi Dimetil Eter