

**SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN  
PABRIK PEMBUATAN METIL TERTIARY BUTYL ETHER  
DENGAN KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Kimia  
pada  
Universitas Sriwijaya**



**JONI PRASANTO**

**03031381520040**

**EVAN ORLANDO**

**03031381520050**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN METIL TERTIARY  
BUTYL ETHER DENGAN KAPASITAS 125.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana

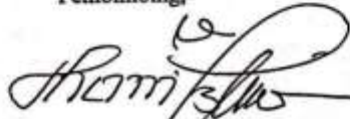
Oleh:

Joni Prasanto  
NIM 03031381520040

Evan Orlando  
NIM 03031381520050


Palembang, Juli 2019

Pembimbing,



Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M Eng  
NIP 195603071981031010

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP 195810031986031003

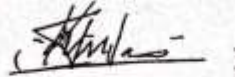
## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Metil Tertiary Butyl Ether Kapasitas 125.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan **Joni Prasanto** dan **Evan Orlando** di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 15 Juli 2019.

Palembang, 15 Juli 2019

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Ir. Hj. Tri Kurnia Dewi, M. Sc.  
NIP 195207031983032001

(  )


2. Hj. Tuty Emilia Agustina, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP 197208092000032001

(  )

3. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.  
NIP 198110312005011003

(  )

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia

  
Dr. Ir. H. Syaiful DEA  
NIP. 195810031986031003

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Joni Prasanto

NIM : 03031381520040

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Metil Tertiary Butyl  
Ether dengan Kapasitas 125.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Evan Orlando didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2019

  
KEMENTERIAN  
PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
REPUBLIC OF INDONESIA  
NIM. 03031381520040  
**Joni Prasanto**



NIM. 03031381520040



Scanned with  
CamScanner

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Evan Orlando

NIM : 03031381520050

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Metil Tertiary Butyl  
Ether dengan Kapasitas 125.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Joni Prasanto didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2019

  
  
Evan Orlando

NIM. 03031381520050



Scanned with  
CamScanner

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Methyl Tertiary Butyl Ether dengan Kapasitas 125.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan program sarjana S1 di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, sehingga dalam kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih kepada:

- 1) Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir.
- 2) Orang tua dan teman-teman yang telah memberikan dukungan dan saran. Tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan .....	2
1.3. Macam-macam Proses .....	3
1.3.1. Proses Philips .....	3
1.3.2. Proses UOP/Hulls .....	3
1.3.3. Proses Snamprogetti .....	4
1.4. Sifat-sifat Fisika dan Kimia .....	4
1.4.1. Isobutilen .....	4
1.4.2. Metanol .....	5
1.4.3. Tersier Butil Alkohol (TBA) .....	5
1.4.4. Metil Tersier Butil Eter (MTBE) .....	6
1.4.5. Katalis Amberlyst-15 Dry .....	6
1.4.6. Katalis Asam Sulfat .....	6
<b>BAB II PERENCANAAN PABRIK</b> .....	7
2.1. Alasan Pendirian Pabrik .....	7
2.2. Penentuan Kapasitas .....	8
2.3. Pemilihan Bahan Baku .....	9
2.4. Pemilihan Proses .....	10
2.5. Uraian Proses .....	10
2.5.1. Tahap <i>Feed Treating</i> .....	10
2.5.2. Tahap Sintesa .....	11

2.5.3. Tahap Purifikasi .....	11
<b>BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK .....</b>	<b>13</b>
3.1. Lokasi Pabrik .....	13
3.1.1. Penyediaan Bahan Baku Produksi .....	13
3.1.2. Pemasaran .....	14
3.1.3. Keadaan Lingkungan dan Iklim .....	14
3.1.4. Utilitas .....	14
3.1.5. Tenaga Kerja .....	15
3.1.6. Pengolahan Limbah .....	15
3.2. Tata Letak Peralatan .....	15
3.3. Tata Letak Pabrik .....	15
3.4. Luas Area Pabrik .....	17
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS .....</b>	<b>18</b>
4.1. Neraca Massa .....	18
4.1.1. Neraca Massa Molecular Sieve Separator (MSS-01/MSS-02) .....	18
4.1.2. Neraca Massa CSTR (R-04) .....	18
4.1.3. Neraca Massa Molecular Sieve Separator (MSS-03/MSS-04) .....	18
4.1.4. Neraca Massa Reaktor Fixed Bed-01 (R-01) .....	19
4.1.5. Neraca Massa Reaktor Fixed Bed-02 (R-02) .....	19
4.1.6. Neraca Massa Reaktor Fixed Bed-03 (R-03) .....	19
4.1.7. Neraca Massa Kolom Destilasi (KD-01) .....	19
4.1.8. Neraca Massa Condenser-01 (CD-01) .....	20
4.1.9. Neraca Massa Reboiler-01 (RB-01) .....	20
4.1.10. Neraca Massa Accumulator-01 (ACC-01) .....	20
4.2. Neraca Panas .....	21
4.2.1. Neraca Panas Molecular Sieve Separator (MSS-01/MSS-02) .....	21
4.2.2. Neraca Panas Heater-01 (H-01) .....	21
4.2.3. Neraca Panas Heater-02 (H-02).....	21
4.2.4. Neraca Panas CSTR (R-04) .....	22
4.2.5. Neraca Panas Cooler-01 (C-01).....	22



4.2.6. Neraca Panas Molecular Sieve Separator (MSS-03/MSS-04) .....	22
4.2.7. Neraca Panas Reaktor Fixed Bed-01 (R-01) .....	22
4.2.8. Neraca Panas Cooler-02 (C-02) .....	22
4.2.9. Neraca Panas Reaktor Fixed Bed-02 (R-02) .....	23
4.2.10. Neraca Panas Cooler-03 (C-03).....	23
4.2.11. Neraca Panas Reaktor Fixed Bed-03 (R-03) .....	23
4.2.12. Neraca Panas Heater-03 (H-03).....	23
4.2.13. Neraca Panas Kolom Destilasi-01 (KD-01) .....	24
4.2.14. Neraca Panas Condenser-01 (CD-01).....	24
4.2.15. Neraca Panas Reboiler-01 (CD-01).....	24
4.2.16. Neraca Panas Cooler-04 (CD-04).....	24
4.2.17. Neraca Panas Cooler-05 (CD-05).....	25
<b>BAB V UTILITAS</b> .....	26
5.1. Unit Penyediaan <i>Steam</i> .....	26
5.1.1. <i>Steam</i> Pemanas .....	26
5.2. Unit Penyediaan Air .....	27
5.2.1. Air Pendingin .....	27
5.2.2. <i>Boiler Feed Water</i> (BFW) .....	32
5.2.3. Air Domestik .....	30
5.2.4. Total Kebutuhan Air .....	31
5.3. Unit Penyediaan Tenaga Listrik .....	32
5.3.1. Peralatan Pabrik .....	32
5.3.2. Penerangan Pabrik .....	32
5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	34
5.4.1. Bahan Bakar Kebutuhan <i>Boiler</i> .....	34
5.4.2. Bahan Bakar Keperluan Generator .....	35
5.4.3. Total Kebutuhan Bahan Bakar Keseluruhan .....	35
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN</b> .....	36
6.1. Tangki-01 (T-01) .....	37
6.2. Tangki-02 (T-02).....	38

6.3. Tangki-03 (T-03) .....	39
6.4. Pompa-01 (P-01) .....	40
6.5. Pompa-02 (P-02) .....	41
6.6. Pompa-03 (P-03) .....	42
6.7. Kompresor-01 (K-01) .....	43
6.8. Heater-01 (H-01) .....	44
6.9. Heater-02 (H-02) .....	45
6.10. Heater-03 (H-03) .....	46
6.11. Cooler-01 (C-01) .....	47
6.12. Cooler-02 (C-02) .....	48
6.13. Cooler-03 (C-03) .....	49
6.14. Cooler-04 (C-04) .....	50
6.15. Cooler-05 (C-05) .....	51
6.16. Ekspander-01 (EP-01) .....	52
6.17. Kolom Destilasi-01 (KD-01) .....	53
6.18. Accumulator-01 (ACC-01).....	54
6.19. Reboiler-01 (RB-01) .....	55
6.20. Condenser-01 (CD-01) .....	56
6.21. Molecular Sieve Separator-01/02 (MSS-01/MSS-02).....	57
6.22. Molecular Sieve Separator-03/04 (MSS-03/MSS-04).....	58
6.23. Reaktor Fixed Bed-01 (R-01) .....	59
6.24. Reaktor Fixed Bed -02 (R-02) .....	60
6.25. Reaktor Fixed Bed -03 (R-03) .....	61
6.26. Reaktor CSTR (R-04).....	62
<b>BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>64</b>
7.1. Bentuk Perusahaan .....	64
7.2. Struktur Organisasi .....	64
7.2.1. Organisasi Lini .....	65
7.2.2. Organisasi Fungsional .....	65
7.2.3. Organisasi Garis dan Staf .....	65
7.3. Tugas dan Wewenang .....	67

7.3.1. Dewan Komisaris .....	67
7.3.2. Direktur .....	68
7.3.3. Manajer Teknik dan Produksi .....	68
7.3.4. Manajer Keuangan dan Pemasaran .....	69
7.3.5. Manajer Kepegawaian dan Umum .....	70
7.4. Sistem Kerja .....	72
7.4.1. Waktu Kerja Karyawan <i>Non-shift</i> .....	72
7.4.2. Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i> .....	73
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan .....	73
7.5.1. <i>Direct Operating Labor</i> .....	73
7.5.2. <i>Indirect Operating Labor</i> .....	75
<b>BAB VIII ANALISA EKONOMI</b> .....	<b>74</b>
8.1. Profitabilitas (Keuntungan) .....	75
8.1.1. Total Penjualan Produk .....	76
8.1.2. Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i> (ACF) .....	76
8.2. Lama Waktu Pengembalian Pinjaman .....	76
8.2.1. Lama Pengembalian Modal .....	76
8.2.2. <i>Pay Out Time</i> (POT) .....	77
8.3. Total Modal Akhir .....	78
8.3.1. <i>Net Profit Over Total Life of Project</i> (NPOTLP) .....	78
8.3.2. <i>Total Capital Sink</i> (TCS) .....	79
8.4. Laju Pengembalian Modal .....	80
8.4.1. <i>Rate of Return on Investment</i> (ROR) .....	80
8.4.2. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return</i> (DCF-ROR) .....	80
8.5. <i>Break Even Point</i> (BEP) .....	81
<b>BAB IX KESIMPULAN</b> .....	<b>84</b>
<b>BAB X TUGAS KHUSUS</b> .....	<b>85</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Impor Metil Tersier Butil Eter .....	9
Tabel 5.1. Kebutuhan <i>Steam</i> Pemanas .....	29
Tabel 5.2. Kebutuhan Air Pendingin .....	30
Tabel 5.3. Kebutuhan Air Domestik .....	33
Tabel 5.4. Kebutuhan Air dalam Pabrik .....	34
Tabel 5.5. Kebutuhan Listrik Peralatan Pabrik .....	34
Tabel 5.6. Kebutuhan Listrik Pabrik MTBE .....	36
Tabel 5.7. Total Kebutuhan Bahan Bakar .....	37
Tabel 7.1. Pembagian Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i> .....	75
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan .....	77
Tabel 8.1. <i>Selling Price</i> .....	82
Tabel 8.2. Angsuran Pengembalian Modal .....	84
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi .....	90

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Grafik Data Impor Metil Tersier Butil Eter di Indonesia .....	8
Gambar 2.2. Diagram Alir Proses Pabrik Pembuatan MTBE .....	12
Gambar 3.1. Denah Lokasi Pabrik .....	13
Gambar 3.2. Denah Lokasi Pabrik dengan Sumber Utilitas .....	14
Gambar 3.3. Tata Letak Peralatan Pabrik .....	15
Gambar 3.4. Tata Letak Pabrik .....	16
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	78
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i> .....	82

## DAFTAR NOTASI

### 1. Heat Exchanger (Heater, Cooler, Partial Condenser, Reboiler, Condenser)

$W, w$	: Laju alir massa di shell, tube, kg/jam
$T_1, t_1$	: Temperatur masuk shell, tube, °C
$T_2, t_2$	: Temperatur keluar shell, tube, °C
$Q$	: Beban panas, kW
$U_o$	: Koefisien overall perpindahan panas, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
$\Delta T_{lm}$	: Selisih log mean temperatur, °C
$A$	: Luas area perpindahan panas, $m^2$
$ID$	: Diameter dalam tube, m
$OD$	: Diameter luar tube, m
$L$	: Panjang tube, m
$p_t$	: Tube pitch, m
$A_o$	: Luas satu buah tube, $m^2$
$N_t$	: Jumlah tube, buah
$V, v$	: Laju alir volumetrik shell, tube, $m^3/jam$
$u_t, U_s$	: Kelajuan fluida shell, tube, m/s
$Db$	: Diameter bundel, m
$D_s$	: Diameter shell, m
$N_{RE}$	: Bilangan Reynold
$N_{PR}$	: Bilangan Prandtl
$N_{NU}$	: Bilangan Nusselt
$h_i, h_o$	: Koefisien perpindahan panas shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
$I_b$	: Jarak baffle, m
$D_e$	: Diameter ekivalen, m
$k_f$	: Konduktivitas termal, $W/m \cdot ^\circ C$
$\rho$	: Densitas, $kg/m^3$
$\mu$	: Viskositas, cP
$C_p$	: Panas spesifik, $kJ/kg \cdot ^\circ C$
$h_{id}, h_{od}$	: Koefisien dirt factor shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

kw : Konduktivitas bahan, W/m.°C  
 $\Delta P$  : Pressure drop, psi

## 2. Kompresor

BHP : Brake Horse Power, power yang dibutuhkan, HP  
k : Konstanta Kompresi  
n : Jumlah stage  
 $\eta$  : Efisiensi kompresor  
 $P_{IN}$  : Tekanan masuk, bar  
 $P_{OUT}$  : Tekanan keluar, bar  
 $T_1$  : Temperatur masuk kompresor, °C  
 $T_2$  : Temperatur keluar kompresor, °C  
 $P_W$  : Power kompresor, HP  
Q : Kapasitas kompresor, lb/menit  
 $R_c$  : Rasio kompresi  
W : Laju alir massa, lb/jam  
 $\rho$  : Densitas, kg/m<sup>3</sup>

## 3. Pompa

A : Area alir pipa, in<sup>2</sup>  
BHP : Brake Horse Power, HP  
 $D_{opt}$  : Diameter optimum pipa, in  
f : Faktor friksi  
g : Percepatan gravitasi ft/s<sup>2</sup>  
 $g_c$  : Konstanta percepatan gravitas, ft/s<sup>2</sup>  
 $H_d, H_s$  : Head discharge, suction, ft  
 $H_f$  : Total friksi, ft  
 $H_{fc}$  : Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft  
 $H_{fe}$  : Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft  
 $H_{ff}$  : Friksi karena fitting dan valve, ft  
 $H_{fs}$  : Friksi pada permukaan pipa, ft  
ID : Diameter dalam, in  
 $K_C, K_E$  : Konstanta kompresi, ekspansi, ft

L	: Panjang pipa, m
Le	: Panjang ekivalen pipa, m
MHP	: Motor Horse Power, HP
NPSH	: Net positive suction head, ft.lbf/lb
N <sub>RE</sub>	: Bilangan Reynold
OD	: Diameter luar, in
P <sub>uap</sub>	: Tekanan uap, psi
Q <sub>f</sub>	: Laju alir volumetrik, ft <sup>3</sup> /s
V <sub>d</sub>	: Discharge velocity, ft/s
V <sub>s</sub>	: Suction velocity, ft/s
ε	: Equivalent roughness, ft
η	: Efisiensi pompa
μ	: Viskositas, kg/ms
ρ	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>

#### 4. Reaktor

C <sub>c</sub>	: Tebal korosi maksimum, in
C <sub>AO</sub>	: Konsentrasi awal umpan, kmol/m <sup>3</sup>
D <sub>p</sub>	: Diameter katalis, m
D <sub>S</sub>	: Diameter shell, m
D <sub>T</sub>	: Diameter tube, in
F <sub>AO</sub>	: Laju alir umpan, kmol/jam
H <sub>R</sub>	: Tinggi shell reaktor, m
H <sub>T</sub>	: Tinggi tube, m
k	: Konstanta kecepatan reaksi, m <sup>3</sup> /kmol.s
N <sub>t</sub>	: Jumlah tube, buah
P	: Tekanan operasi, bar
τ	: Waktu tinggal, jam
p <sub>t</sub>	: Tube pitch, in
S	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
t	: Tebal dinding reaktor, cm
V <sub>k</sub>	: Volume katalis, m <sup>3</sup>
V <sub>T</sub>	: Volume reaktor, m <sup>3</sup>



$\rho, \rho_k$	: Densitas fluida, katalis, kg/m <sup>3</sup>
R	: Konstanta gas ideal, 8,314 kJ/kmol.K
$\sigma_A$	: Diameter molekul, cm
M	: Berat molekul, kg/kmol
$E_A$	: Energi aktivasi, kJ/kmol
$V_E$	: Volume ellipsoidal, m <sup>3</sup>
$H_S$	: Tinggi silinder, m
h	: Tinggi tutup
$H_T$	: Tinggi total tanki, m
$H_L$	: Tinggi liquid, m
$H_i$	: Tinggi impeller, m
$D_i$	: Diameter impeller, m
Wb	: Lebar Baffle, m
g	: Lebar baffle pengaduk, m
r	: Panjang blade pangaduk, m
rb	: Posisi baffle dari dinding tanki, m

## 5. Tangki

Cc	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter tangki, m
Ej	: Efisiensi pengelasan
P	: Tekanan desain, psi
S	: Tegangan kerja diizinkan, psi
t	: Tebal dinding tangki, cm
V	: Volume tangki, m <sup>3</sup>
W	: Laju alir massa, kg/jam
$\rho$	: Densitas

## 6. Kolom Distilasi

$A_d$	= Downcomer area, m <sup>2</sup>
$A_t$	= Tower area, m <sup>2</sup>
$A_n$	= Net area, m <sup>2</sup>
$A_a$	= Active area, m <sup>2</sup>
$A_b$	= Hole area, m <sup>2</sup>

$A_{da}$	= Aerated area, $m^2$
$C$	= Faktor korosi yang dizinkan, m
$C_{sb}$	= Kapasitas vapor, m/det
$Dl$	= Clearance, mm
$d_h$	= Diameter hole, mm
$d_c$	= Diameter kolom, mm
$e$	= Total entrainment, kg/det
$E$	= Joint efficiency, dimensionless
$F$	= Friction factor, dimensionless
$F_{iv}$	= Paramater aliran, dimensionless
$h_a$	= Aerated liquid drop, m
$h_f$	= Froth height, mm
$h_w$	= Weir height, mm
$h_{\sigma}$	= Weep point, cm
$H$	= Tinggi kolom, m
$L_w$	= Weir length
$L$	= Laju alir massa liquid solvent, kg/det
$N_m$	= Jumlah tray minimum
$\Delta P$	= Pressure drop
$P$	= Tekanan desain, atm
$q$	= Laju alir volume umpan solvent, $m^3/det$
$Q$	= Laju alir volume umpan gas, $m^3/det$
$Q_p$	= Aeration factor, dimensionless
$R$	= $[L/D]$ refluks ratio, dimensionless
$R_h$	= Radius Hydrolic, m
$R_m$	= Refluks minimum
$R_{ch}$	= Reynold modulus, dimensionless
$S$	= Working stress, $N/m^2$
$S_s$	= Stage umpan
$St$	= Jumlah stages
$t$	= Tebal dinding vessel, m

$T$	=	Temperatur operasi, °C
$T_{av}$	=	Temperatur rata-rata, °C
$U_f$	=	Kecepatan aerated mass, $U_f$
$V$	=	Laju alir massa umpan gas, kg/det
$V_d$	=	Downcomer velocity, m/det
$\alpha$	=	Relatif volatil, dimensionless
$\Delta$	=	Liquid gradien, cm
$\rho_g$	=	Densitas gas, kg/m <sup>3</sup>
$\rho_l$	=	Densitas liquid, kg/m <sup>3</sup>
$\psi$	=	Fractional entrainment, dimensionless

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA .....</b>	<b>138</b>
<b>LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS .....</b>	<b>159</b>
<b>LAMPIRAN III SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>200</b>
<b>LAMPIRAN IV PERHITUNGAN EKONOMI .....</b>	<b>412</b>

## ABSTRAK

### PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN METHYL TERTIARY BUTYL ETHER DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 125.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 15 Juli 2019

Joni Prasanto dan Evan Orlando; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M. Eng

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
xvi + 91 halaman, 13 tabel, 9 gambar, 4 lampiran

#### ABSTRAK

Pabrik pembuatan Metil Tertiary Butyl Ether (MTBE) dengan kapasitas produksi 125.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2024 di Palembang, Sumatera Selatan yang diperkirakan memiliki luas area sebesar 5,5 Ha. Proses pembuatan MTBE ini mengacu pada EP Patent 3 395 792 A1. Reaktor pertama, kedua, dan ketiga adalah reaktor jenis *fixed bed reactor* yang menggunakan katalis *Amberlyst-15*. Reaktor pertama beroperasi pada temperatur 65°C dan tekanan 4 atm sedangkan reaktor kedua beroperasi pada temperatur 50°C dan tekanan 4 atm, dan reaktor ketiga beroperasi pada temperatur 35 °C dan tekanan 4 atm.

Pabrik ini akan didirikan dengan menganut bentuk perusahaan perseroan terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line and Staff*, yang dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan 178 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik MTBE ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi berbagai macam persyaratan parameter ekonomi, yaitu sebagai berikut:

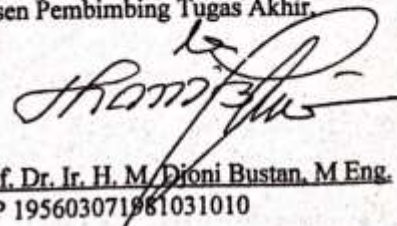
- *Total Capital Investment (TCI)* = US\$ 211.064.220,59
- *Total Production Cost (TPC)* = US\$ 2.250.504.794,13
- Total Penjualan per Tahun (SP) = US\$ 2.500.000.000,00
- *Annual Cash Flow* = US\$ 190.954.521,110
- *Pay Out Time* = 1,002 tahun
- *Rate of Return* = 82,7457%
- *Break Even Point* = 36,411%
- *Service Life* = 11 tahun

**Kata Kunci:** Methyl Tertiary Butyl Ether, *Fixed bed Reactor*, Analisa Ekonomi  
Kepustakaan : 18 (1965-2019)

Mengetahui,  
Ketua Jurusan-Teknik Kimia,

CS Scanner with  
Dr. Ir. H. Straiful, DEA  
NIP 195810031986031003

Palembang, Juli 2019  
Menyetujui,  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

  
Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M Eng.  
NIP 195603071981031010

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sejalan dengan perkembangan industri di dunia, sektor industri di Indonesia harus mampu bersaing dengan negara lain. Industri kimia menjadi salah satu alternatif dan juga memegang berbagai peranan penting untuk memajukan perindustrian di Indonesia. Pembangunan pabrik baru yang bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap produk impor dan juga menambah devisa negara di Indonesia sangat diperlukan, salah satunya adalah dengan membangun pabrik industri kimia Metil Tersier Butil Eter (MTBE).

Metil Tersier Butil Eter (MTBE) merupakan salah satu senyawa aditif bensin yang berguna untuk meningkatkan nilai oktan (Nawaz, 2017). Sebelum MTBE dimanfaatkan, senyawa lain yang dimanfaatkan untuk bahan aditif bensin adalah TEL (Tetra Etil Lead). Penggunaan TEL yang mengandung timbal (Pb) bersifat beracun sehingga dapat menyebabkan masalah kesehatan jika ditambahkan pada bahan bakar untuk kendaraan bermotor.

Metil Tersier Butil Eter bersifat lebih ramah lingkungan dibandingkan TEL karena tidak mengandung timbal di dalamnya. Selain ramah lingkungan, MTBE juga dapat digunakan sebagai pelarut senyawa kimia, bahan anti ketukan mesin kendaraan bermotor, dan penambah nilai oktan dalam bahan bakar.

Senyawa MTBE di Indonesia pada umumnya di impor dari negara-negara lain seperti Cina, Amerika, Korea, dan Jerman. Pembangunan pabrik MTBE di Indonesia diharapkan dapat mengurangi kebutuhan impor, dan juga dapat membuka lapangan kerja baru di Indonesia. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pendirian pabrik yang memproduksi MTBE di Indonesia sehingga dapat memenuhi kebutuhan industri, dan juga membuat lapangan kerja baru di Indonesia.

### **1.2. Sejarah dan Perkembangan**

Pada tahun 1960, sebuah perusahaan kimia “Arco Chemical”, untuk pertama kalinya mengadakan penelitian tentang senyawa kimia yang dapat

menaikkan angka oktan pada bensin tanpa kandungan timbal (Pb). Setelah melakukan penelitian tersebut, pada tahun 1979, perusahaan Arco berhasil memproduksi secara komersial metil tersier butil eter dengan kapasitas 19.000 barel per hari.

Sejak tahun 1960, ada tiga macam proses yang digunakan pada pembuatan MTBE dalam skala industri maupun skala laboratorium, yaitu Proses Phillips, Proses UOP/Hulls, dan Proses Snamprogetti. Metil Tersier Butil Eter yang diproduksi secara industri pertama diproduksi di Italia oleh Snamprogetti atau Ecofuel pada tahun 1973. Pabrik tersebut beroperasi dengan kapasitas 100.000 ton per tahun. Reaksi yang digunakan untuk membuat MTBE melibatkan perpaduan antara methanol dan isobutilen. Reaksi ini dibantu dengan katalis resin asam dan fraksi C<sub>4</sub> diproduksi di dalam *catalytic cracking unit*.

Proses Phillips dikembangkan oleh perusahaan kimia bernama Philips Petroleum Co. pada tahun 1979. Eter diproduksi dari produk samping fraksi C<sub>4</sub>, yang umpannya disuplai dari kilang Philips di Borger – Texas. Fraksi C<sub>4</sub> ini selanjutnya direaksikan dengan metanol membentuk MTBE. Kapasitas produksi pabrik ini mencapai 200.000 ton per tahun.

Proses UOP/Hulls dikembangkan oleh perusahaan kimia Chemische Werke Hulls di Jerman. Metil tersier butil eter yang dihasilkan dari proses ini berasal dari reaksi antara fraksi C<sub>4</sub> minyak bumi dengan metanol dengan bantuan katalis penukar ion sulfanat. Perusahaan ini pertama kali beroperasi pada tahun 1979 di Jerman dengan kapasitas produksi 60.000 ton per tahun dan berkembang menjadi 180.000 ton per tahun. Ketiga proses tersebut telah menjadi pilihan umum untuk produksi MTBE sampai saat ini dan telah digunakan oleh beberapa negara maju.

### **1.3. Macam-macam Proses**

Proses pembuatan MTBE pada umumnya menggunakan bahan baku berupa isobutilen dan metanol melalui reaksi esterifikasi. Secara komersial, proses pembuatan MTBE dikembangkan lebih lanjut oleh beberapa perusahaan kimia di Jerman, Jepang, USA, dan Kanada. Berikut ini adalah beberapa macam proses untuk pembuatan Metil Tersier Butil Eter (MTBE), yaitu proses Phillips, proses UOP/Hulls, dan juga proses Snamprogetti.

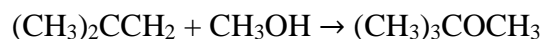
### 1.3.1. Proses Phillips

Fraksi C<sub>4</sub> yang mengandung isobutilen dan metanol direaksikan di reaktor dengan katalis resin penukar ion pada temperatur 70°C, tekanan 6 atm dan konversi bias mencapai 92%. Produk hasil reaksi dari reaktor dialirkan menuju ke kolom distilasi untuk pemurnian MTBE dengan tambahan *straight chain butene* untuk memisahkan fraksi C<sub>4</sub> dan metanol yang tidak bereaksi. Metanol dan fraksi C<sub>4</sub> yang tidak bereaksi diumpankan ke kolom *Pressure Swing Adsorption (PSA)*.

*Pressure Swing Adsorption* ini mempunyai dua zona yaitu adsorpsi dan desorpsi. Fraksi C<sub>4</sub> pada zona adsorpsi terperangkap di dalam pori adsorben sehingga terpisah dari aliran yang selanjutnya dapat dialirkan ke Unit Alkilasi, sedangkan metanol dan sedikit hidrokarbon yang tidak teradsorpsi dialirkan ke zona desorpsi untuk dimanfaatkan kembali ke kolom reaktor.

### 1.3.2. Proses UOP/Hulls

Fraksi C<sub>4</sub> yang memiliki kandungan isobutilen direaksikan dengan metanol di dalam reaktor multitubular yang mengandung katalis resin penukar ion. Metil tersier butil eter yang dihasilkan dari reaktor dipisahkan dari fraksi C<sub>4</sub> dan metanol dengan kolom distilasi. Metanol dan uap fraksi C<sub>4</sub> diumpankan ke kolom absorpsi untuk diambil kembali metanol dengan cara mengontakkan umpan tersebut dengan *solvent*. *Solvent* yang digunakan biasanya berupa etilen glikol. Metanol dan *solvent* selanjutnya dipisahkan dengan menggunakan *stripper* agar *solvent* dapat di daur ulang ke kolom absorpsi sedangkan metanol ditampung kembali ke dalam tanki penampungan. Berikut merupakan reaksi pembentukan MTBE:



### 1.3.3. Proses Snamprogetti

Fraksi C<sub>4</sub> yang mengandung isobutilen direaksikan dengan metanol di dalam reaktor multitubular dengan temperature 70°C, tekanan 5 atm dan konversi yang bias mencapai 96%. Isobutilen dan metanol yang tersisa, yang tidak bereaksi dikembalikan kembali ke dalam reaktor *Packed Bed*. Produk MTBE dipisahkan dari fraksi C<sub>4</sub> dengan menggunakan kolom destilasi yang kemudian dimurnikan kembali dengan kolom ekstraksi untuk menghilangkan metanol yang tersisa. Larutan ekstrak berupa zat pengotor, sedangkan rafinatnya berupa MTBE.



## 1.4. Sifat Fisika dan Kimia

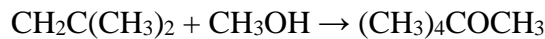
### 1.4.1. Isobutilen

#### 1) Sifat Fisika

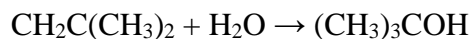
Rumus molekul	: C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>
Berat molekul	: 56,10 gr/mol
Wujud	: Gas pada 15 °C dan 1 atm
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih (T <sub>bp</sub> )	: -6,9 °C
Titik beku (T <sub>fp</sub> )	: -140,3°C
Tekanan kritis (P <sub>c</sub> )	: 39,48 atm
Temperatur kritis (T <sub>c</sub> )	: -144,7 °C
<i>Flash Point</i>	: -76 °C
Densitas pada 20°C	: 0,5879 g/ml
Viskositas	: 0,92 cSt pada 25 °C

#### 2) Sifat kimia

- a. Reaksi eterifikasi antara isobutilena dengan metanol yang menghasilkan metil tersier butil eter (MTBE).



- b. Reaksi hidrasi isobutilena menjadi tersier butil alkohol dengan katalis asam sulfat 45% pada kondisi tekanan vakum (< 1 atm) dan suhu 49 °C - 127°C.



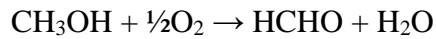
### 1.4.2. Metanol

#### 1) Sifat fisika

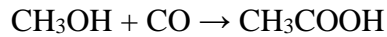
Rumus molekul	: CH <sub>3</sub> OH
Berat molekul	: 32,04 g/mol
Fase	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih (T <sub>bp</sub> )	: 64,6 °C
Tekanan kritis (P <sub>c</sub> )	: 78,5 atm
Temperatur kritis (T <sub>c</sub> )	: 239 °C
Densitas	: 792 kg/m <sup>3</sup>

2) Sifat kimia

- a. Reaksi dehidrogenasi dengan katalis silver/molybdenum oksida membentuk formaldehid.



- b. Karbonilasi dengan katalis kobalt/rhodium membentuk asam asetat.



1.4.3. Tersier Butil Alcohol (TBA)

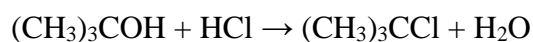
1) Sifat Fisika

Rumus molekul	: C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O
Berat molekul	: 74,12 g/mol
Wujud	: Liquid
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih	: 82,41 °C
Titik leleh	: 25,7 °C
Temperatur kritis	: 506,2 K
Tekanan kritis	: 39,2 atm
Densitas pada 25 °C	: 0,81 g/mL
Panas pembentukan	: -360,04 kJ/mol

2) Sifat Kimia

- a. Tersier butil alkohol bereaksi dengan logam alkali akan membentuk garam alkali oksida. Jika TBA bereaksi dengan natrium maka akan terbentuk natrium oksida.  $(\text{CH}_3)_3\text{COH} + \text{Na} \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{CONa} + \frac{1}{2} \text{H}_2$

- b. Tersier butil alkohol direaksikan dengan halogen halida akan membentuk senyawa alkil halida.



- c. Tersier butil alkohol dapat mengalami reaksi dehidrasi membentuk isobutilena dan air dengan menggunakan katalis *sulfonic acid cation exchange*.



#### 1.4.4. Metil Tersier Butil Eter (MTBE)

##### 1) Sifat Fisika

Rumus molekul	: $C_5H_{12}O$
Berat molekul	: 88,15 g/mol
Wujud	: Liquid
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih	: 55,2 °C
Titik beku	: -109 °C
Temperatur kritis	: 224,1 °C
Tekanan kritis	: 35,4 atm
Densitas pada 25 °C	: 740 kg/m <sup>3</sup>
<i>Specific gravity</i> pada 20°C	: 0,7405

##### 2) Sifat Kimia

Oksigen merupakan molekul diatomic dan dapat bereaksi dengan semua unsur membentuk senyawa lain, kecuali dengan gas-gas mulia ringan.

#### 1.4.5. Katalis Amberlyst 15 Dry

Rumus molekul	: $C_{18}H_{18}O_3S$
Berat molekul	: 314,399 g/mol
Densitas pada 25°C	: 1,2 g/mL
Wujud	: Padat, <i>spherical beads</i>

#### 1.4.6. Katalis Asam Sulfat

Rumus molekul	: $H_2SO_4$
Berat Molekul	: 98,079 g/mol
Titik Didih	: 337 °C
Wujud	: Cair

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2009. *Data Impor MTBE di Indonesia*. (Online) [http://www.bps.go.id/all\\_newtemplate.php/](http://www.bps.go.id/all_newtemplate.php/). (Diakses pada tanggal 18 Januari 2019).
- Branan, C. R. 2005. *Rules of Thumb for Chemical Engineers 4<sup>th</sup> Edition*. United State: Elsevier Inc.
- Felder, R. M. 2005. *Elementary Principles of Chemical Processes 2<sup>nd</sup> Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Ismail, S. 1996. *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw Hill.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering Third Edition*. United State of America: John Wiley and Sons.
- Ludwig, E. E. 1997. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Volume 2, Third Edition*. Gulf Publishing Co: Houston.
- Matches Engineering. 2014. *Equipment Cost Index*. <http://www.matche.com/equipcost.html>. (Diakses pada tanggal 28 Mei 2019).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Perry, Robert H. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook Seventh Edition*. United State: McGraw Hill.
- Peter, M. S., & Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 4<sup>th</sup> Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- PT. Kaltim Methanol. 2019. *Product*. (Online) <http://kaltimethanol.com/product.html>. (Diakses pada tanggal 22 Januari 2019).
- Sinnott, R. K. 2005. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4<sup>th</sup> Edition, Volume 6*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M. 2001. *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Treybal, R. E. 1980. *Mass-Transfer Operation 3<sup>rd</sup> Edition*. New York: McGraw-Hill.

- Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. USA: Butterworth-Heinemann.
- Welty, dkk., 2007. *Fundamental of Momentum Heat and Mass Transfer*. America: John Wiley and Sons.
- Yaws. C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Texas: Mc-Graw-Hill.