

**SKRIPSI**

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ETILEN GLIKOL  
DENGAN KAPASITAS  
PRODUKSI 400.000 TON PER TAHUN**



**Silvester Chrisya Andira**

NIM. 03031281419074

**Vera Dona**

NIM. 03031381419115

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2018**

# **SKRIPSI**

## **PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ETILEN GLIKOL DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 400.000 TON PER TAHUN**

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



Silvester Chrisya Andira

NIM. 03031281419074

Vera Dona

NIM. 03031381419115

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2018**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas berkat, rahmat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen Glikol dengan Kapasitas Produksi 400.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama pengerjaan tugas akhir ini, yaitu:

- 1) Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku ketua Jurusan Teknik Kimia.
- 2) Ibu Lia Cundari, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir.
- 3) Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan, baik secara materil maupun moril
- 4) Semua pihak, termasuk teman-teman, yang telah membantu, mulai dari tahap awal tugas akhir hingga penyusunan laporan.

Penyusun berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Indralaya, 2018

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>RINGKASAN</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan Etilen Glikol.....	1
1.3. Proses Pembuatan Etilen Glikol .....	4
1.4. Sifat Fisika dan Kimia.....	12
<b>BAB II PERENCANAAN PABRIK</b> .....	15
2.1. Alasan Pendirian Pabrik .....	15
2.2. Pemilihan Kapasitas .....	15
2.3. Pemilihan Bahan Baku .....	17
2.4. Pemilihan Proses .....	18
2.5. Uraian Proses Pembuatan Etilen Glikol .....	18
<b>BAB III LOKASI DAN LETAK PERALATAN PABRIK</b> .....	24
3.1. Lokasi Pabrik.....	24
3.2. Tata Letak Pabrik .....	26
3.3. Luas Pabrik.....	27
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS</b> .....	30
4.1. Neraca Massa .....	30
4.2. Neraca Panas .....	37

<b>BAB V</b>	<b>UTILITAS</b>	46
5.1.	Unit Pengadaan <i>Steam</i>	46
5.2.	Unit Pengadaan Air	47
5.3.	Unit Pengadaan <i>Refrigerant</i>	52
5.4.	Unit Pengadaan Listrik	52
5.5.	Unit Pengadaan Bahan Bakar	54
<b>BAB VI</b>	<b>SPESIFIKASI PERALATAN</b>	58
<b>BAB VII</b>	<b>ORGANISASI PERUSAHAAN</b>	105
7.1.	Bentuk Organisasi Perusahaan	105
7.2.	Struktur Organisasi Perusahaan	105
7.3.	Tugas dan Wewenang	106
7.4.	Kepegawaian	111
7.5.	Sistem Kerja	111
7.6.	Penentuan Jumlah Karyawan	112
<b>BAB VIII</b>	<b>ANALISA EKONOMI</b>	117
8.1.	Keuntungan ( <i>Profitability</i> )	118
8.2.	Lama Waktu Pengembalian Modal	118
8.3.	Total Modal Akhir	120
8.4.	<i>Total Capital Sink</i> (TCS)	121
8.5.	Laju Pengembalian Modal ( <i>Rate of Return</i> )	121
8.6.	<i>Break Even Point</i> (BEP)	122
<b>BAB IX</b>	<b>KESIMPULAN</b>	125

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1.</b>	<i>Plant</i> Etilen Glikol dengan Teknologi Shell Omega .....	3
<b>Tabel 1.2.</b>	Perbandingan Proses Pembuatan Etilen Glikol .....	7
<b>Tabel 1.3.</b>	Perbandingan terhadap Tugas Akhir Sebelumnya.....	8
<b>Tabel 1.4.</b>	Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Utama .....	12
<b>Tabel 1.5.</b>	Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Pendukung .....	12
<b>Tabel 1.6.</b>	Sifat Fisika dan Kimia Katalis .....	13
<b>Tabel 1.7.</b>	Sifat Fisika dan Kimia Produk <i>Intermediate</i> dan Produk Utama .	13
<b>Tabel 1.8.</b>	Sifat Fisika dan Kimia Senyawa Lainnya .....	14
<b>Tabel 2.1.</b>	Data Impor Etilen Glikol di Indonesia .....	15
<b>Tabel 3.1.</b>	Rincian Area Pabrik .....	27
<b>Tabel 5.1.</b>	Peralatan dengan Kebutuhan <i>Steam</i> 200°C .....	46
<b>Tabel 5.2.</b>	Peralatan dengan Kebutuhan <i>Steam</i> 350°C .....	47
<b>Tabel 5.3.</b>	Kebutuhan Air Proses .....	48
<b>Tabel 5.4.</b>	Kebutuhan Air Pendingin .....	48
<b>Tabel 5.5.</b>	Kebutuhan Air Domestik .....	51
<b>Tabel 5.6.</b>	Total Kebutuhan Air dalam Pabrik .....	52
<b>Tabel 5.7.</b>	Total Kebutuhan <i>Refrigerant</i> .....	52
<b>Tabel 5.8.</b>	Total Kebutuhan Listrik Peralatan .....	53
<b>Tabel 5.9.</b>	Kebutuhan Listrik Pabrik Etilen Glikol .....	54
<b>Tabel 5.10.</b>	Kebutuhan Bahan Bakar <i>Boiler</i> .....	56
<b>Tabel 5.11.</b>	Kebutuhan Bahan Bakar Keseluruhan .....	57
<b>Tabel 7.1.</b>	Pembagian Jadwal Kerja <i>Shift</i> .....	112
<b>Tabel 7.2.</b>	Rincian Jumlah Karyawan Pabrik Pembuatan Etilen Glikol .....	114
<b>Tabel 8.1.</b>	Angsuran Pembayaran Pinjaman dan Bunga .....	119
<b>Tabel 8.2.</b>	Kesimpulan Analisa Ekonomi Pabrik Etilen Glikol .....	124

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b>	Grafik Kebutuhan Etilen Glikol di Indonesia .....	16
<b>Gambar 3.1.</b>	Peta Lokasi Pabrik.....	26
<b>Gambar 3.2.</b>	<i>Layout</i> Pabrik .....	28
<b>Gambar 3.3.</b>	Tata Letak Peralatan .....	29
<b>Gambar 8.1.</b>	Grafik BEP Pabrik Etilen Glikol .....	123

## DAFTAR NOTASI

### 1. Absorber

A	: Cross section area tower, $m^2$
BM	: BM, kg/kmol
Cc	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter kolom, m
$D_G, D_L$	: Difusivitas gas dan liquid, $m^2/s$
Ej	: Efisiensi pengelasan
$F_L, F_G$	: Koefisien transfer massa gas dan liquid, $kmol/m^2.s$
G	: Kelajuan superfisial molar gas, $kmol/m^2.s$
$G'$	: Kelajuan superfisial gas, $kmol/m^2.s$
$H_{tG}$	: Tinggi unit transfer fase gas, m
$H_{tL}$	: Tinggi unit transfer fase liquid, m
$H_{tog}$	: Tinggi unit transfer overall, m
L	: Kelajuan liquid total, $kg/m^2.s$
$L'$	: Kelajuan superfisial massa liquid, $kg/m^2.s$
m	: Rasio distribusi kesetimbangan
P	: Tekanan desain, psi
$Sc_g, Sc_l$	: Bilangan Schmidt gas dan liquid
Z	: Tinggi packing, m
$\Delta P$	: Perbedaan tekanan, $N/m^2$
$\varepsilon$	: Energi tarik menarik molecular
$\varepsilon_{Lo}$	: Fraksi volume liquid, $m^2/m^3$
$\mu_G, \mu_L$	: Viskositas gas dan liquid, kg/ms
$\rho_L, \rho_G$	: Densitas gas dan liquid, $kg/m^3$
$\sigma_L$	: Tegangan permukaan liquid, N/m
$\phi_{lt}$	: Total hold-up liquid



## 2. Accumulator

Cc	: Tebal korosi maksimum, in
Ej	: Efisiensi pengelasan
ID, OD	: Diameter dalam, diameter luar, m
L	: Panjang accumulator, m
P	: Tekanan desain, psi
S	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
T	: Temperatur operasi, °C
t	: Tebal dinding accumulator, cm
V	: Volume total, m <sup>3</sup>
V <sub>s</sub>	: Volume silinder, m <sup>3</sup>
ρ	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>

## 3. Heat Exchanger (Condenser, Cooler, Heater, Reboiler, Vaporizer)

W, w	: Laju alir massa di shell, tube, kg/jam
T <sub>1</sub> , t <sub>1</sub>	: Temperatur masuk shell, tube, °C
T <sub>2</sub> , t <sub>2</sub>	: Temperatur keluar shell, tube, °C
Q	: Beban panas, kW
U <sub>o</sub>	: Koefisien overall perpindahan panas, W/m <sup>2</sup> .°C
ΔT <sub>lm</sub>	: Selisih log mean temperatur, °C
A	: Luas area perpindahan panas, m <sup>2</sup>
ID	: Diameter dalam tube, m
OD	: Diameter luar tube, m
L	: Panjang tube, m
p <sub>t</sub>	: Tube pitch, m
A <sub>o</sub>	: Luas satu buah tube, m <sup>2</sup>
N <sub>t</sub>	: Jumlah tube, buah
V, v	: Laju alir volumetrik shell, tube, m <sup>3</sup> /jam
u <sub>t</sub> , U <sub>s</sub>	: Kelajuan fluida shell, tube, m/s
Db	: Diameter bundel, m
Ds	: 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, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
$k_w$	: Konduktivitas bahan, $W/m \cdot ^\circ C$
$\Delta P$	: Pressure drop, psi

#### 4. 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, $^\circ C$
$T_2$	: Temperatur keluar kompresor, $^\circ C$
$P_w$	: Power kompresor, HP
$Q$	: Kapasitas kompresor, lb/menit
$R_c$	: Rasio kompresi
$W$	: Laju alir massa, lb/jam
$\rho$	: Densitas, $kg/m^3$

## 5. Kolom Destilasi

$A_a$	: Active area, $m^2$
$A_d$	: Downcomer area, $m^2$
$A_{da}$	: Luas aerasi, $m^2$
$A_h$	: Hole area, $m^2$
$A_n$	: Net area, $m^2$
$A_t$	: Tower area, $m^2$
$C_c$	: Tebal korosi maksimum, in
$D$	: Diameter kolom, m
$d_h$	: Diameter hole, mm
$E$	: Total entrainment, kg/s
$E_j$	: Efisiensi pengelasan
$F_{iv}$	: Parameter aliran
$H$	: Tinggi kolom, m
$h_a$	: Aerated liquid drop, m
$h_f$	: Froth height, m
$h_q$	: Weep point, cm
$h_w$	: Weir height, m
$L_w$	: Weir height, m
$N_m$	: Jumlah tray minimum, stage
$Q_p$	: Faktor aerasi
$R$	: Rasio refluks
$R_m$	: Rasio refluks minimum
$U_f$	: Kecepatan massa aerasi, m/s
$V_d$	: Kelajuan downcomer
$\Delta P$	: Pressure drop, psi
$\psi$	: Fractional entrainment

## 6. Mixing Tank

C	=	Allowable corrosion, m
D	=	Diameter tangki, m
E	=	Joint efisiensi, m
h	=	tinggi head, m
H	=	Tinggi silinder tangki, m
H <sub>t</sub>	=	Tinggi total tangki, m
P	=	Tekanan, atm
R	=	Jari-jari tangki, m
S	=	Allowable stress, atm
T	=	Temperatur operasi, K
T	=	Tebal dinding tangki, m
V <sub>h</sub>	=	Volume head, m <sup>3</sup>
V <sub>b</sub>	=	Volume bottom, m <sup>3</sup>
V <sub>s</sub>	=	Volume Silinder, m <sup>3</sup>
V <sub>t</sub>	=	Volume tangki, m <sup>3</sup>
W	=	Laju alir massa, kg/jam
D <sub>i</sub>	=	Diameter impeller, m
N	=	Kecepatan pengaduk, rps
G <sub>c</sub>	=	Konstanta gravitasi, kg/ms <sup>2</sup>
P	=	Power, HP

## 7. Pompa

A	:	Area alir pipa, in <sup>2</sup>
BHP	:	Brake Horse Power, HP
D <sub>opt</sub>	:	Diameter optimum pipa, in
f	:	Faktor friksi
g	:	Percepatan gravitasi ft/s <sup>2</sup>
g <sub>c</sub>	:	Konstanta percepatan gravitas, ft/s <sup>2</sup>
H <sub>d</sub> , H <sub>s</sub>	:	Head discharge, suction, ft
H <sub>f</sub>	:	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
$L_e$	: Panjang ekivalen pipa, m
MHP	: Motor Horse Power, HP
NPSH	: Net positive suction head, ft.lbf/lb
$N_{RE}$	: Bilangan Reynold
OD	: Diameter luar, in
$P_{uap}$	: Tekanan uap, psi
$Q_f$	: Laju alir volumetrik, ft <sup>3</sup> /s
$V_d$	: Discharge velocity, ft/s
$V_s$	: Suction velocity, ft/s
$\epsilon$	: Equivalent roughness, ft
$\eta$	: Efisiensi pompa
$\mu$	: Viskositas, kg/ms
$\rho$	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>

## 8. Reaktor

$C_c$	: Tebal korosi maksimum, in
$C_{AO}$	: Konsentrasi awal umpan, kmol/m <sup>3</sup>
$D_p$	: Diameter katalis, m
$D_S$	: Diameter shell, m
$D_T$	: Diameter tube, in
$F_{AO}$	: Laju alir umpan, kmol/jam
$H_R$	: Tinggi shell reaktor, m
$H_T$	: Tinggi tube, m
k	: Konstanta kecepatan reaksi, m <sup>3</sup> /kmol.s

$N_t$	: Jumlah tube, buah
$P$	: Tekanan operasi, bar
$\tau$	: Waktu tinggal, jam
$p_t$	: Tube pitch, in
$S$	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
$t$	: Tebal dinding reaktor, cm
$V_k$	: Volume katalis, $m^3$
$V_T$	: Volume reaktor, $m^3$
$\rho, \rho_k$	: Densitas fluida, katalis, $kg/m^3$
$R$	: 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 elipsoidal, $m^3$
$H_S$	: 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
$W_b$	: Lebar Baffle, m
$g$	: Lebar baffle pengaduk, m
$r$	: Panjang blade pengaduk, m
$rb$	: Posisi baffle dari dinding tanki, m

## 9. Tangki

$C_c$	: Tebal korosi maksimum, in
$D$	: Diameter tangki, m
$E_j$	: 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

#### 10. Knock Out Drum

A	: Vessel Area Minimum, m <sup>2</sup>
C	: Corrosion maksimum, in
D	: Diameter vessel minimum, m
E	: Joint efisiensi
H <sub>L</sub>	: Tinggi liquid, m
H <sub>t</sub>	: Tinggi vessel, m
P	: Tekanan desain, psi
Q <sub>v</sub>	: Laju alir volumetric massa, m <sup>3</sup> /jam
Q <sub>L</sub>	: Liquid volumetric flowrate, m <sup>3</sup> /jam
S	: Working stress allowable, psi
t	: tebal dinding tangki, m
U <sub>v</sub>	: Kecepatan uap maksimum, m/s
V <sub>t</sub>	: Volume Vessel, m <sup>3</sup>
V <sub>h</sub>	: Volume head, m <sup>3</sup>
V <sub>t</sub>	: Volume vessel, m <sup>3</sup>
$\rho$	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	: Viskositas, cP
$\rho_g$	: Densitas gas, kg/m <sup>3</sup>
$\rho_l$	: Densitas liquid, kg/m <sup>3</sup>

## 11. Stripper

A	: Cross sectional area tower, m <sup>2</sup>
C <sub>D</sub>	: Konstanta empiris
C <sub>F</sub>	: Faktor karakteristik packing
D	: Diameter tower, m
D <sub>G</sub>	: Difusifitas gas, m <sup>2</sup> /s
D <sub>L</sub>	: Difusifitas liquid, m <sup>2</sup> /s
F <sub>G</sub>	: Koefisien fase gas
F <sub>L</sub>	: koefisien fase liquid
G	: Laju alir massa gas, kg/hr
L	: Laju alir massa liquid, kg/hr
H <sub>TG</sub>	: Tinggi unit perpindahan gas, m
H <sub>TL</sub>	: Tinggi unit perpindahan liquid, m
H <sub>TO</sub>	: Tinggi unit perpindahan total, m
K <sub>L</sub>	: Koefisien perpindahan massa liquid, kmol/m <sup>2</sup> s
K <sub>G</sub>	: Koefisien perpindahan massa gas, kmol/m <sup>2</sup> s
m	: Slope rata-rata kurva keseimbangan
N <sub>TG</sub>	: Jumlah unit perpindahan massa gas, m
N <sub>TL</sub>	: Jumlah unit perpindahan massa liquid, m
N <sub>TO</sub>	: Jumlah unit perpindahan massa total, m
S <sub>CG</sub>	: Schimdt number pada gas
S <sub>CL</sub>	: Schimdt number pada liquid
Z	: Tinggi packing, m
α <sub>A</sub>	: Permukaan interfacial spesifik, L <sup>2</sup> /L <sup>3</sup>
α <sub>AW</sub>	: Permukaan interfacial gas dan liquid, L <sup>2</sup> /L <sup>3</sup>
ε <sub>lo</sub>	: Fractional liquid volume, m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
φ <sub>Lt</sub>	: Total hold up liquid
β	: Konstanta empiris untuk hold up packing
μ	: Viskositas, cp
ρ	: Densitas, lb/ft <sup>3</sup>
σ	: Tegangan permukaan liquid, dyne/cm



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Tugas Khusus
- Lampiran 2** Patent Utama
- Lampiran 3** Patent Pendukung
- Lampiran 4** Biodata Penulis

## ABSTRAK

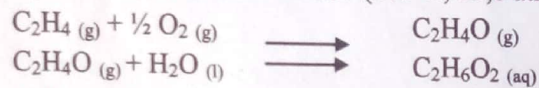
### PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ETILEN GLIKOL DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 400.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 26 Juli 2018

Silvester Chrisya Andira dan Vera Dona; Dibimbing oleh Lia Cundari, S.T., M.T.  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
xvii + 128 halaman, 25 tabel, 5 gambar, 4 lampiran

#### ABSTRAK

Pabrik pembuatan etilen glikol dengan kapasitas produksi 400.000 ton/tahun ini direncanakan didirikan pada tahun 2022 berlokasi di Kawasan Krakatau Industrial, Jalan Amerika, Cilegon, Banten dengan luas area 5,38 ha. Proses pembuatan etilen glikol ini mengacu pada US Patent No. 9,096,564 B2, dimana metode proses yang digunakan adalah kombinasi oksidasi etilen dan hidrolisis etilen oksida. Reaksi berlangsung dalam *multitubular fixed bed reactor* (200°C; 20 atm) dan *bubble column reactor* (175°C; 29,6 atm).



Perusahaan pabrik pembuatan ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh direktur utama. Sistem organisasi perusahaan ini adalah *line and staff* dengan total karyawan sebanyak 160 orang. Pabrik pembuatan etilen glikol layak didirikan karena memenuhi persyaratan parameter ekonomi sebagai berikut:

- *Total Capital Investment* = US\$ 67.243.250,99
- *Pay Out Time* = 1,17 tahun
- *Rate of Return on Investment* = 92,15%
- DCF-ROR = 69,37%
- *Break Event Point (BEP)* = 27,94%
- *Service Life* = 11 tahun

**Kata Kunci:** Etilen Glikol, Oksidasi, Hidrolisis, *Line and Staff*, Analisa Ekonomi

Indralaya,

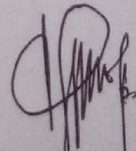
Agustus 2018

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Lia Cundari, S.T., M. T.  
NIP. 19841218200812202

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Industri bahan kimia berperan penting dalam kebutuhan sehari-hari sebab sebagian besar industri sangat memerlukan bahan kimia dalam proses manufaktur produknya. Salah satu bahan kimia yang masih sangat diperlukan saat ini adalah etilen glikol (EG). Etilen glikol dapat diproduksi dengan cara mensintesis etilen dan oksigen menjadi etilen oksida, dimana etilen oksida kemudian dihidrogenasi membentuk etilen glikol.

Dewasa ini, kebutuhan akan etilen glikol oleh industri manufaktur masih terus meningkat sepanjang tahun. Satu-satunya *major producer* etilen glikol di Indonesia sampai saat ini adalah PT. Polychem Indo Tbk (German-Indonesian Chamber of Industry and Commerce., 2016). Akan tetapi, pemenuhan kebutuhan akan etilen glikol di Indonesia oleh PT. Polychem Indo Tbk. hanya mampu memenuhi sekitar 49-55% per tahunnya (PT. Polychem Indonesia Tbk., 2016). Hal tersebut menyebabkan kebutuhan akan etilen glikol harus dibantu dengan mengimpor dari beberapa negara seperti Singapura (Shell Chemical), Korea Selatan (Lotte Chemical), dan Arab Saudi (Petro Rabigh) (Jenkins., 2015).

Berdasarkan uraian di atas, jika etilen glikol terus menerus harus diimpor, maka Indonesia harus terus mengeluarkan porsi biaya yang cukup besar untuk impor tersebut. Oleh sebab itu, diperlukan *plant* yang mampu memenuhi kebutuhan etilen glikol di seluruh industri di Indonesia. Dengan adanya *plant* etilen glikol tersebut, diharapkan Indonesia mampu menekan angka impor etilen glikol, sekaligus mampu menyerap tenaga kerja dan ahli dalam negeri sehingga angka pengangguran di Indonesia dapat menurun.

### **1.2. Sejarah dan Perkembangan Etilen Glikol**

Etilen glikol pertama kali ditemukan oleh Charles Adolphe Wurtz (seorang ahli kimia Prancis) pada tahun 1859. Penemuannya ini bermula pada saat Wurtz melakukan suatu eksperimen dengan mereaksikan senyawa etilen iodida dengan perak asetat menghasilkan etilen diasetat. Etil diasetat yang terbentuk

kemudian direaksikan dengan potasium hidroksida untuk menghasilkan etilen glikol. Pada abad ke-20, untuk pertama kalinya etilen glikol digunakan sebagai cairan pendingin dan bahan peledak.

Pada periode Perang Dunia I (1914-1918), etilen glikol diproduksi dengan cara mensintesis etilen klorida dalam skala kecil. Pada masa tersebut, etilen glikol dimanfaatkan sebagai pengganti gliserol. Pasca Perang Dunia I, di tahun 1925 untuk pertama kalinya etilen glikol diproduksi secara komersil dalam skala industri. *Plant* pertama etilen glikol didirikan oleh Carbide and Carbon Chemicals Company yang saat ini dikenal dengan nama Union Carbide Corporation. Lokasi *plant* pertama tersebut didirikan di wilayah South Charleston, Virginia, Amerika Serikat.

Pada tahun 1930, penggunaan etilen glikol berkembang menjadi bahan baku dinamit. Etilen glikol dipilih sebagai bahan baku karena mudah dicari serta murah. Pada tahun 1935, Carbide and Carbon Chemicals Company membangun *plant* etilen glikol baru dengan proses yang berbeda. Kejayaan monopoli perusahaan tersebut berakhir pada tahun 1957 karena proses tersebut ditawarkan untuk lisensi.

Proses manufaktur etilen glikol yang terkenal di dunia saat ini adalah teknologi Shell Omega. Teknologi proses ini mereaksikan etilen dan oksigen menjadi etilen oksida yang kemudian dikonversikan menjadi etilen glikol. Proses produksi etilen glikol dilakukan dengan metode karbonisasi (mereaksikan etilen glikol dengan gas karbon dioksida) dan hidrogenasi etilen oksida (mereaksikan etilen glikol dengan air). Teknologi ini mengintegrasikan produksi etilen oksida sekaligus dengan etilen glikol. Proses atau Teknologi Shell Omega telah digunakan pada sebagian besar *plant* etilen glikol dunia seperti seperti Singapura (Shell Chemical), Korea Selatan (Lotte Chemical), dan Arab Saudi (Petro Rabigh). Beberapa *plant* etilen glikol yang menggunakan Teknologi Shell Omega ditunjukkan pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1.** *Plant* Etilen Glikol dengan Teknologi Shell Omega

<b>Perusahaan</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas Produksi</b>	<b>Tahun Beroperasi</b>
Lotte Chemical	Korea Selatan	400.000 ton/tahun	2008
Shell Chemical	Arab Saudi	750.000 ton/tahun	2009
Petro Rabigh	Singapura	600.000 ton/tahun	2009

(Sumber: Jenkins., 2015)

Di Indonesia, etilen glikol diproduksi oleh PT Polychem Indonesia Tbk. PT Polychem Indonesia Tbk. yang berlokasi di Cilegon, Banten. PT Polychem Indonesia Tbk. merupakan satu-satunya *major producer* etilen glikol di Indonesia (German-Indonesian Chamber of Industry and Commerce., 2016). Produksi etilen glikol perusahaan ini pertama kali dilakukan pada tahun 1993. Teknologi yang digunakan oleh PT Polychem Indonesia Tbk. telah dilisensi oleh Scientific Design Inc, lembaga lisensi terkemuka dunia yang berasal dari Amerika Serikat. Proses produksi etilen glikol di PT Polychem Indonesia Tbk. menggunakan proses pembentukan etilen oksida dan hidrogenasi etilen oksida menjadi etilen glikol.

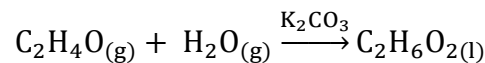
Proses pembentukan etilen oksida di oleh PT Polychem Indonesia Tbk. dilakukan dengan mereaksikan etilen dengan oksigen yang berasal dari separasi udara. Produk yang dihasilkan oleh PT Polychem Indonesia Tbk. pada divisi produksi etilen glikol mencakup monoetilen glikol (MEG), dietilen glikol (DEG), dan trietilen glikol (TEG). Saat ini, kapasitas produksi etilen glikol *plant* ini mampu memproduksi hingga 216.000 ton/tahun. Dalam 7 tahun terakhir (2010-2016), PT. Polychem Indo Tbk. menggunakan 16-20% kapasitas produksi etilen glikolnya untuk konsumsi bahan baku produksi di divisi poliester. Produk divisi poliester di PT Polychem Indonesia Tbk. adalah *Partially Oriented Yarn* (POY) berkapasitas 43.200 ton per tahun dan *Polyester Staple Fiber* (PSF) berkapasitas 86.400 ton per tahun (PT Polychem Indonesia Tbk., 2018).

### 1.3. Proses Pembuatan Etilen Glikol

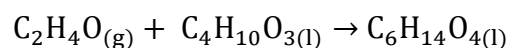
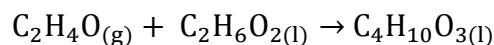
#### 1.3.1. Hidrolisis Etilen Oksida (Katalis dan Non Katalis)

Proses hidrolisis dapat menggunakan katalis asam maupun basa. Pada katalis asam, proses protonasi oksida akan menghasilkan etilen oksida untuk kemudian bereaksi dengan air. Proses hidrolisis etilen oksida dilakukan untuk mencapai selektivitas monoetilen glikol hingga 90% dan sisa produk yang terbentuk adalah dietilen glikol dan trietilen glikol. Pada katalis basa, proses hidrolisis akan menghasilkan selektivitas yang rendah terhadap etilen glikol. Katalis yang umum digunakan dalam proses ini adalah potassium karbonat. Proses hidrolisis terjadi pada pH dengan *range* 6-10 dengan menggunakan air yang berlebih. Dengan demikian, produk monoetilen glikol yang terbentuk akan mencapai selektivitas yang tinggi, yakni mencapai 91%. Hidrolisis etilen oksida menjadi etilen glikol membutuhkan kondisi operasi bertemperatur 100-200°C dengan tekanan 0,1-3 MPa dalam reaktor *baffle* (US 2012/0136178 A1).

Reaksi utama:

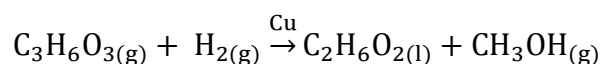
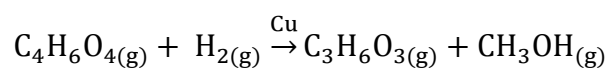


Reaksi samping:



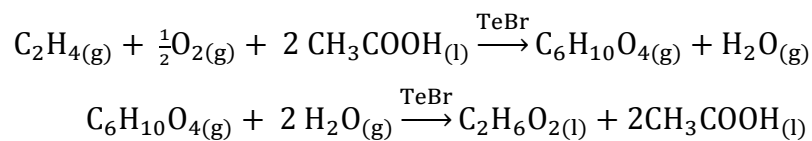
#### 1.3.2. Hidrogenasi Dimetil Oksalat

Proses hidrogenasi dimetil oksalat melibatkan proses sintesis etilen glikol dari *syngas*. Terdapat dua reaksi yang terjadi pada proses ini, yaitu proses pembentukan metil glikolat dan hidrogenasi metil glikolat menjadi etilen glikol. Proses reaksi dapat terjadi dalam sistem homogen maupun heterogen dengan katalis Cu, Ag, dan Ru. Hidrogenasi dimetil oksalat dilakukan pada kondisi operasi bertemperatur 210-250°C dengan tekanan 35 atm (US 2010/0179356 A1).



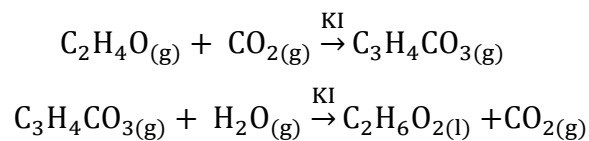
### 1.3.3. Proses Halcon

Proses Halcon dilakukan dengan oksidasi etilen dan asam asetat. Proses ini memanfaatkan katalis tellurium dioksida atau tellurium bromid untuk menghasilkan etilen glikol diasetat yang kemudian dihidrolisis menjadi etilen glikol. Proses ini sudah tidak digunakan lagi karena menyebabkan korosi pada alat serta membutuhkan kebutuhan utilitas yang besar. Proses Halcon dilakukan dalam kondisi operasi bertemperatur 50-250°C dengan tekanan mencapai 2.000 psig (Weissermel dan Arpe., 1998)



### 1.3.4. Karbonasi Etilen Oksida dan Hidrolisis Etilen Karbonat

Proses sintesis etilen glikol metode karbonisasi etilen oksida melibatkan dua proses reaksi. Pada reaksi pertama, etilen oksida direaksikan dengan karbon dioksida menghasilkan etilen karbonat. Pada reaksi kedua, etilen karbonat kemudian dihidrolisis untuk menghasilkan etilen glikol. Katalis yang dapat digunakan dalam proses ini dapat berupa katalis homogen maupun heterogen. Contoh katalis yang dapat menghasilkan reaksi karbonisasi adalah katalis dengan jenis alkali halida seperti potassium iodida dan potassium bromida. Karbonasi etilen oksida menjadi etilen glikol membutuhkan kondisi operasi dengan temperatur 50-180°C dan tekanan 0,8-3 MPa (US 2013/0072727 A1).

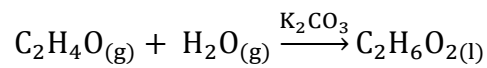
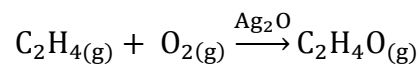


### 1.3.5. Oksigenasi Etilen dan Hidrolisis Etilen Oksida

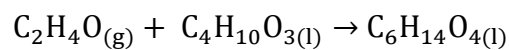
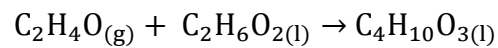
Proses pembentukan etilen glikol melibatkan dua proses reaksi, yaitu oksigenasi etilen dan hidrolisis etilen oksida. Pada reaksi pertama, etilen direaksikan dengan oksigen menghasilkan etilen oksida. Proses oksigenasi etilen dibantu dengan adanya katalis perak oksida ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) dalam reaktor multitubular dengan kondisi operasi bertemperatur 200-300°C dan bertekanan 10-30 bar.

Reaksi kedua etilen oksida direaksikan dengan air menghasilkan etilen glikol dengan reaksi samping menghasilkan dietilen glikol dan trietilen glikol. Proses hidrolisis etilen oksida dibantu dengan adanya katalis kalium karbonat ( $K_2CO_3$ ) dalam reaktor seperti *baffle reactor*, dimana kondisi operasi yang digunakan adalah temperatur sebesar 100-200°C dan tekanan sebesar 0,1-3 MPa (US Patent No. 9,096,564 B2).

Reaksi utama:



Reaksi samping:





**Tabel 1.2.** Perbandingan Proses Pembuatan Etilen Glikol

Parameter	Proses Pembuatan				
	Hidrolisis Etilen Oksida <sup>a</sup>	Hidrogenasi Dimetil Oksalat <sup>b</sup>	Proses Halcon <sup>c</sup>	Karbonasi Etilen Oksida & Hidrolisis Etilen Karbonat <sup>d</sup>	Oksigenasi Etilen & Hidrolisis Etilen Oksida <sup>e</sup>
Bahan Baku	$C_2H_4O_{(g)}$ dan $H_2O_{(g)}$	$C_4H_6O_{4(g)}$ dan $H_{2(g)}$	$C_2H_{4(g)}$ , $O_{2(g)}$ , $CH_3COOH_{(l)}$ , dan $H_2O_{(g)}$	$C_2H_4O_{(g)}$ , $CO_{2(g)}$ dan $H_2O_{(g)}$	$C_2H_{4(g)}$ , $O_{2(g)}$ , dan $H_2O_{(g)}$
Katalis	Potassium Karbonat	Tembaga, Perak, atau Rubidium	Tellurium Dioksida atau Tellurium Bromida	Potassium Iodida atau Potassium Bromida	Perak Oksida dan Potassium Karbonat
Temperatur	100-200°C	210-250°C	50-250°C	50-180°C	200-300 °C (reaksi 1) 100-200°C (reaksi 2)
Tekanan	0,9869-29,6077 atm (0,1-3 MPa)	35 atm	136.0919 atm 2.000 psig	7.8954-29.6077 atm 0,8-3 MPa	10-30 bar (reaksi 1) 0,1-3 MPa (reaksi 2)
Produk Samping	Dietilen glikol dan trietilen glikol	Metanol	-	-	Dietilen glikol dan trietilen glikol
Kemurnian	± 80%	± 94,6%	± 98%	± 98%	>90%
Kelebihan	-	-	Kemurnian tinggi	Kemurnian tinggi	Deaktivasi katalis dapat dicegah
Kekurangan	Kemurnian rendah	Kondisi operasi tinggi	Tekanan sangat besar, korosif pada alat, dan kebutuhan utilitas besar	Biaya mahal, stabilitas rendah, aktivitas katalis rendah	-

<sup>a</sup>US 2012/0136178 A1, <sup>b</sup>US 2010/0179356 A1, <sup>c</sup>Weissermel & Arpe., 1998, <sup>d</sup>US 2013/0072727 A1, <sup>e</sup>US 9,096,564 B2

**Tabel 1.3.** Perbandingan terhadap Tugas Akhir Sebelumnya

No	Parameter	Silvester Chrisya (03031281419074)	Dessy Endiana (03071003100)	Mohammad (03091003018)	Marsela Apri Yesi (03091003067) <sup>c</sup>	Novita Purnama Sari (03091003009) <sup>d</sup>
1.	Bahan Baku	- Etilen - Oksigen - Air - Metana - Etilen diklorida - Soda kaustik	- Etilen oksida - Dimetil oksalat - Hidrogen - Etilen - Formaldehida - Karbon monoksida	- Etilen oksida - Karbon dioksida - Air	- Etilen oksida - Karbon dioksida	- Etilen oksida - Karbon dioksida
2.	Proses	Oksigenasi etilen dan oksigen, Hidrolisis etilen oksida dan air	Hidrogenasi dimetil oksalat dan hidrogen	Karbonasi etilen oksida dan karbon dioksida, Hidrolisis etilen oksida dan air	Karbonasi etilen oksida dan karbon dioksida, Hidrolisis etilen karbonat dan air	Karbonasi etilen oksida dan karbon dioksida, Hidrolisis etilen karbonat dan air

No	Parameter	Silvester Chrisya Andira (03031281419074) Vera Dona (03031381419115)	Dessy Endiana Sitohang (03071003100) Ida Bestuita Silalah (03071003110) <sup>a</sup>	Mohammad Alfatawi Bakri (03091003018) Moch Farid Dimiyati (03091003022) <sup>b</sup>	Marsela Apri Yesi (03091003067) <sup>c</sup>	Novita Purnama Sari (03091003009) <sup>d</sup>
3.	Reaktor	R-01 = <i>multitubular fixed bed reactor</i> R-02 = <i>Bubble column reactor</i>	Multitubular reaktor tipe vertikal (2 buah)	R-01 = <i>fixed bed reactor</i> R-02 = CSTR	R-01 = <i>bubble column reactor</i> R-02 = PFR tipe horizontal	R-01 = <i>bubble column reactor</i> R-02 = PFR tipe horizontal
4.	Temperatur	T <sub>R-01</sub> = 200-300°C T <sub>R-02</sub> = 100-200°C	210°C	T <sub>R-01</sub> = 90°C T <sub>R-02</sub> = 150°C	T <sub>R-01</sub> = 125°C T <sub>R-02</sub> = 140°C	T <sub>R-01</sub> = 125°C T <sub>R-02</sub> = 140°C
5.	Tekanan	P <sub>R-01</sub> = 10-30bar P <sub>R-02</sub> = 0,1-3MPa	35 atm	P <sub>R-01</sub> = 9 atm P <sub>R-02</sub> = 15 atm	P <sub>R-01</sub> = 4 atm P <sub>R-02</sub> = 3,9 atm	P <sub>R-01</sub> = 24,673 atm P <sub>R-02</sub> = 3,948 atm
6.	Konversi	R-01 = 65,360% R-02 = 99,996%	R-01 = 99,5% R-02 = 100%	R-01 = 99% R-02 = 99,5%	R-01 = 92% R-02 = 98,9%	R-01 = 92% R-02 = 100%

No	Parameter	Silvester Chrisya Andira (03031281419074) Vera Dona (03031381419115)	Dessy Endiana Sitohang (03071003100) Ida Bestuita Silalah (03071003110) <sup>a</sup>	Mohammad Alfatawi Bakri (03091003018) Moch Farid Dimiyati (03091003022) <sup>b</sup>	Marsela Apri Yesi (03091003067) <sup>c</sup>	Novita Purnama Sari (03091003009) <sup>d</sup>
7.	Katalis	R-01 = Silver oksida R-02 = Potassium karbonat	Tembaga oksida	R-01 = Molibdenum R-02 = K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	R-01 = 1-etil-3-metilimidazoli um bromida R-02 = K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	R-01 = 1-etil-3-metilimidazoli um bromida R-02 = K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
8.	Kemurnian etilen glikol	99,90%	94,6%	95,50%	99%	99,98%
9.	Reaksi	R-01 = - C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g) + O <sub>2</sub> (g) → C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O (g) R-02 = - C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O (g) + H <sub>2</sub> O (g) → C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> (l)	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub> (g) + 4H <sub>2</sub> (g) → C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> (l) + CH <sub>3</sub> OH (g)	R-01 = - C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O (g) + CO <sub>2</sub> (g) → C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> CO <sub>3</sub> (l) R-02 = - C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> CO <sub>3</sub> (l) + H <sub>2</sub> O (g) → C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> (l) + CO <sub>2</sub> (g)	R-01 = - C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O (g) + CO <sub>2</sub> (g) → C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> CO <sub>3</sub> (l) R-02 = - C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> CO <sub>3</sub> (l) + H <sub>2</sub> O (g) → C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> (l) + CO <sub>2</sub> (g)	R-01 = - C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O (g) + CO <sub>2</sub> (g) → C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> CO <sub>3</sub> (l) R-02 = - C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> CO <sub>3</sub> (l) + H <sub>2</sub> O (g) → C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> (l) + CO <sub>2</sub> (g)

		Silvester Chrisya Andira (03031281419074) Vera Dona (03031381419115)	Dessy Endiana Sitohang (03071003100) Ida Bestuita Silalah (03071003110) <sup>a</sup>	Mohammad Alfatawi Bakri (03091003018) Moch Farid Dimiyati (03091003022) <sup>b</sup>	Marsela Apri Yesi (03091003067) <sup>c</sup>	Novita Purnama Sari (03091003009) <sup>d</sup>
		$- \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{(g)} + \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{2(l)} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_{3(l)}$		$- \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{(g)} + \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{2(l)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{3(l)}$		
10.	Produk	R-01 = Etilen oksida R-02 = Etilen glikol, Dietilen Glikol	- Etilen glikol - Metanol	R-01 = Etilen karbonat R-02 = Etilen glikol, Dietilen glikol	R-01 = Etilen karbonat R-02 = Etilen glikol, Karbon dioksida	R-01 = Etilen karbonat R-02 = Etilen glikol, Karbon dioksida
11.	Kapasitas	400.000 ton/tahun	200.000 ton/tahun	324.000 ton/tahun	320.000 ton/tahun	300.000 ton/tahun
12.	Tahun didirikan	2022	2016	2018	2018	2020

<sup>a</sup> Sitohang & Silalah., 2012; <sup>b</sup> Bakri & Dimiyati., 2014; <sup>c</sup> Yesi., 2016; <sup>d</sup> Sari., 2016

## 1.4. Sifat Fisika dan Kimia

### 1.4.1. Bahan Baku

**Tabel 1.4.** Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Utama

<b>Parameter</b>	<b>Etilen</b>	<b>Oksigen</b>	<b>Air</b>
Rumus kimia	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Bentuk fisik (25°C)	Gas	Gas	<i>Liquid</i>
Warna	Tak berwarna	Tak berwarna	Tak berwarna
Berat molekul, kg/kmol	28,0500	31,9980	18,0146
Densitas, kg/m <sup>3</sup>	577,0	1149	998
Titik beku, K	-169,2	-218,8	0,0
Titik didih, K	-103,8	-183,0	100,0
Temperatur kritis, K	282,4	154,6	647,3
Tekanan kritis, bar	50,4	50,5	220,5

(Sumber: Coulson & Richardson., 2015)

**Tabel 1.5.** Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku Pendukung

<b>Parameter</b>	<b>Metana<sup>a</sup></b>	<b>Etilen Diklorida<sup>a</sup></b>	<b>Soda Kaustik<sup>b</sup></b>
Rumus kimia	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	NaOH
Bentuk fisik (25°C)	Gas	<i>Liquid</i>	<i>Liquid</i>
Warna	Tak berwarna	Tak berwarna	Tak berwarna
Berat molekul, kg/kmol	16,0408	98,9424	39,9966
Densitas, kg/m <sup>3</sup>	425,0	1.250,0	322,85
Titik beku, °C	-182,5	-35,7	322,85
Titik didih, °C	-161,5	83,4	1.390,0
Temperatur kritis, K	190,6	561,0	2.820,0
Tekanan kritis, bar	46,0	53,7	253,31

<sup>a</sup> Coulson & Richardson., 2015

<sup>b</sup> Yaws., 1999

### 1.4.2. Katalis

**Tabel 1.6.** Sifat Fisika dan Kimia Katalis

Parameter	Perak Oksida <sup>a</sup>	Potassium Karbonat <sup>b</sup>
Rumus kimia	Ag <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Bentuk fisik (25°C)	Padat	Padat
Warna	Hitam	Putih
Berat molekul, kg/kmol	231,00	138,2032
Densitas, kg/m <sup>3</sup>	7.140	2.290
Titik beku, °C	230	891
Titik didih, °C	Decomposed	Decomposed

<sup>a</sup> American Element., 2015

<sup>b</sup> Yaws., 1999

### 1.4.3. Produk

**Tabel 1.7.** Sifat Fisika dan Kimia Produk *Intermediate* dan Produk Utama

Parameter	Etilen Oksida	Etilen Glikol
Rumus kimia	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>
Bentuk fisik (25°C)	Gas	<i>Liquid</i>
Warna	Tak berwarna	Tak berwarna
Berat molekul, kg/kmol	44,0494	62,0640
Titik beku, °C	-112,2	-13,0
Titik didih, °C	10,3	197,2
Temperatur kritis, K	469,0	645,0
Tekanan kritis, bar	71,9	77,0

(Sumber: Coulson & Richardson., 2015)

#### 1.4.4. Senyawa Lainnya

**Tabel 1.8.** Sifat Fisika dan Kimia Senyawa Lainnya

<b>Parameter</b>	<b>Argon</b>	<b>Karbon Dioksida</b>	<b>Sodium Klorida</b>	<b>Dietilen Glikol</b>
Rumus kimia	Ar	CO <sub>2</sub>	NaCl	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>
Bentuk fisik (25°C)	Gas	Gas	Padat	<i>Liquid</i>
Warna	Tak berwarna	Tak berwarna	Putih	Tak berwarna
Berat molekul, kg/kmol	39,9480	44,0076	58,4358	106,1134
Titik beku, °C	-189,9	-56,6	800,8	-8,2
Titik didih, °C	-185,9	-78,5	1.465	245,8
Temperatur kritis, K	150,8	304,2	3.400	681
Tekanan kritis, bar	48,7	73,8	355,0	46,6

(Sumber: Coulson & Richardson., 2015)



## DAFTAR PUSTAKA

- American Element. 2015. *Material Safety Data Sheet: Silver (I) Oxide*. (Online) <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9924938> (Diakses pada tanggal 6 Januari 2018).
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Data Impor Etilen Glikol di Indonesia*. (Online) [http://www.bps.go.id/all\\_newtemplate.php/](http://www.bps.go.id/all_newtemplate.php/) (Diakses pada tanggal 27 Oktober 2017).
- Bakri, M. A. dan M. F. Dimiyati. 2014. *Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen Glikol dengan Proses Hidrolisis Etilen Oksida Kapasitas 324.000 Ton/Tahun*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Coulson, J. M., dan J. F. Richardson. 2015. *Chemical Engineering, 6th Volume, 4th Edition*. Elsevier: Inggris.
- Fullerton, N. 2009. *Fast Facts: Ethylene Glycol (Monoethylene Glycol/MEG)*. (Online) [http://www.meglobal.biz/media/FastFacts\\_MEG.pdf](http://www.meglobal.biz/media/FastFacts_MEG.pdf) (Diakses pada 29 Januari 2018).
- German-Indonesian Chamber of Industry and Commerce. 2016. *Chemical Industry*. EIBN: Jakarta (Diakses pada tanggal 31 Januari 2018).
- Green, D. W. 1986. *Perry's Chemical Engineers, 6th Edition*. McGraw Hill: Singapura.
- Jenkins, S. 2015. *Ethylene Glycol Production*. (Online) <http://www.chemengonline.org/ethylene-glycol-production/?printmode=1>. (Diakses pada 28 Januari 2018).
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw Hill: Singapura.
- Kirk, R.E. dan P. Othmer. 1967. *Encyclopedia of Chemical Technology, International Student Edition*. McGraw Hill Kogakusha Company Ltd: Tokyo.
- \_\_\_\_\_. 2011. *Encyclopedia of Chemical Technology, International Student Edition*. McGraw Hill Kogakusha Company Ltd: Tokyo.
- Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering, 2nd Edition*. Jhon Wiley and Sons: USA.

- Peter, M. S., dan K. D. Timmerhaus. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineering 4th Edition*. McGraw Hill: Singapura.
- PT. Air Liquide Indonesia. 2017. *Air Liquide: 2017 Annual Report*. Samuel Sekuritas Indonesia: Cilegon.
- PT. Chandra Asri Petrochemical, Tbk. 2017. *Chandra Asri Petrochemical*. Samuel Sekuritas Indonesia: Cilegon.
- PT. Polychem Indonesia, Tbk. 2016. *Production Processes*. (Online) <http://www.polychemindo.com/production-processes/> (Diakses pada 10 November 2017).
- \_\_\_\_\_. 2016. *Diagram Proses Produksi*. (Online) <http://www.polychemindo.com/polyester-chemical/a/21/3/1> (Diakses pada 12 Desember 2017).
- \_\_\_\_\_. 2018. *Annual Report Polychem Indonesia*. (Online) <http://www.polychemindo.com/polyester-chemical/44a/4/0> (Diakses pada 5 Maret 2018).
- Sari, N. V. 2016. *Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen Glikol Kapasitas 300.000 Ton/Tahun*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Shell. 2012. *Ethylene Oxide/Ethylene Glycol (EO/EG) Processes*. (Online) <http://www.shell.com/bussiness-customers/global-solutions/petrochemical-technologies-licensing/ethylene-oxide-ethylene-glycol-processes.html> (Diakses pada 12 Desember 2017).
- Sitohang, D. E. dan I. B. Silalah. 2012. *Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen Glikol dengan Hidrogenasi Dimetil Oksalat Kapasitas 200.000 Ton/Tahun*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Smith, J. M., H. C. Van Ness, dan M. M. Abbot. 1995. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition*. McGraw Hill: Singapura.
- S&P Global Platts, 2018. *Platts Global Ethylene Price Index*. (Online) <http://www.spglobal.com/platts/en/our-methodology/price-assessments/petrochemicals/pgpi-ethylene> (Diakses pada tanggal 3 Juli 2018).

- Treybal, R. E. 1980. *Mass-Transfer Operation Third Edition*. McGraw Hill: New York.
- US 2010/0179356 A1. *Processes for Producing Ethylene Glycol from Oxalate(s)* (15 Juli 2010).
- US 2012/0136178 A1. *Process for the Preparation of Ethylene Glycol* (31 Mei 2012).
- US 2013/0072727 A1. *Process for Producing Ethylene Glycol Catalyzed by Ionic Liquid* (21 Maret 2013).
- US Patent No. 9,096,564 B2. *Process for the Production of Ethylene Glycol* (4 Agustus 2015).
- Weissermel, K dan H. J. Arpe. 1998. *Industrial Organic Chemistry*. VCH Wiley Company: Jerman.
- Welty, J.R., C.E. Wicks, dan R.E. Wilson. 1984. *Fundamental of Momentum, Heat, and Mass Transfer , 3rd edition*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Yalkowsky, S. H., Y. He, dan P. Jain. 2010. *Handbook of Aqueous Solubility Data 2nd Edition*. CRC Press Suite: Jerman.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. McGraw Hill: Singapura.
- Yesi, M. A. 2016. *Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen Glikol Menggunakan Proses Karbonasi dan Hidrolisis Kapasitas 320.000 Ton/Tahun*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.