

**SKRIPSI**

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ETILEN OKSIDA  
KAPASITAS 120.000 TON PER TAHUN**



**Marliana Wati**

NIM 03031181320017

**Gerry Charisti**

NIM 03031181320033

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

## **SKRIPSI**

### **PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ETILEN OKSIDA KAPASITAS 120.000 TON PER TAHUN**

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



Marliana Wati  
NIM 03031181320017  
Gerry Charisti  
NIM 03031181320033

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

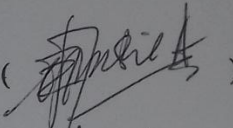
## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen Oksida Kapasitas 120.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan **Marliana Wati** dan **Gerry Charisti** di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 13 Januari 2018.

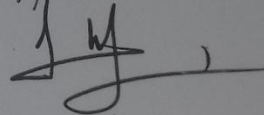
Inderalaya, 13 Januari 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

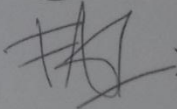
1. Ir. Tamzil Aziz, M.PL  
NIP. 195411231984031001

(  )

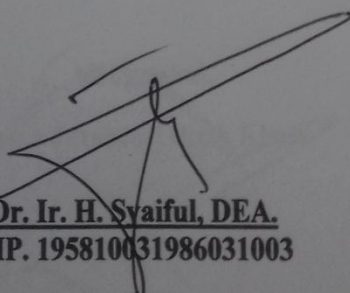
2. Elda Melwita, ST. MT. Ph.D  
NIP. 197505112000122001

(  )

3. Dr. Fitri Hadiah, ST. MT  
NIP. 197808222002122001

(  )

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia

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

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ETILEN OKSIDA KAPASITAS  
120.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Duplikasi untuk melengkapi salah satu syarat  
memperoleh gelar sarjana

Oleh:

Marliana Wati

NIM : 03031181320017

Gerry Charisty

NIM: 03031181320033

Inderalaya, 22 Januari 2018


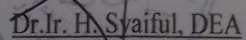
Pembimbing,



Ir. H. Abdullah Saleh, MS, M.Eng

NIP: 195304261984031001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA

NIP: 195810031986031003

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Marlina Wati  
NIM : 03031181320017  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen  
Oksida dengan Kapasitas 120.000 Ton  
Per Tahun.  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Jurusan Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Gerry Charisti** 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.

Inderalaya, Desember 2017



Marlina Wati

NIM. 03031181320017

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Gerry Charisti  
NIM : 03031181320033  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen  
Oksida dengan Kapasitas 120.000 Ton  
Per Tahun.  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Jurusan Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Marliana Watididampingi** 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.

Inderalaya, Desember 2017



Gerry Charisti

NIM. 03031181320033

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena berkat rahmat serta hidayah-Nya laporan tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etanol dengan Proses Hidrogenasi Asam Asetat Kapasitas 200.000 Ton Per Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan tugas akhir ini dibuat sebagai syarat memperoleh gelar sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Penulis berterimakasih kepada semua pihak yang telah membantu, terutama kepada:

Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dr. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan  
Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Ir. H. Abdullah Saleh, MS, M.Eng selaku dosen pembimbing Tugas  
Akhir.

Orang tua dan keluarga.

Seluruh Dosen dan staf Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Akhirnya, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Inderalaya, Januari 2018

Penulis

## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Penulis secara khusus mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis. Penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada:

Kedua orang tua penulis yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk materi dan moril untuk kelancaran dan keberhasilan penulis dalam proses menyelesaikan laporan tugas akhir.

Bapak Ir. H. Abdullah Saleh, MS, M.Eng selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan kepada penulis sehingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Ibu Dr. Leily Nurul Komariah, S.T, M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Seluruh dosen dan Staf akademik Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Semoga laporan tugas akhir ini turut memberi kontribusi yang bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Inderalaya, Januari 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vi
<b>INTISARI</b> .....	vii
<b>BAB 1 PEMBAHASAN UMUM</b> .....	1
1.1. Pendahuluan .....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan.....	1
1.3. Macam-macam Proses Pembuatan .....	2
1.3.1. Proses Oksidasi Etilen dari Etana dengan Oksigen sebagai <i>Oxidizing Agent</i> .....	2
1.3.2. Proses Oksidasi Etilen dengan Oksigen sebagai <i>Oxidizing</i> <i>Agent</i> .....	3
1.3.3. Proses Oksidasi Etilen dari Etana dengan Udara sebagai <i>Oxidizing Agent</i> .....	3
1.3.4. Proses Klorohidrin.....	4
1.4. Sifat Fisika dan Sifat Kimia .....	5
1.4.1. Bahan Baku .....	5
1.4.2. Inert Gas .....	6
1.4.3. Katalis.....	6
1.4.4. Produk.....	7
<b>BAB 2 PERENCANAAN PABRIK</b> .....	9
2.1. Alasan Pendirian Pabrik .....	9
2.2. Kapasitas Rancangan .....	10
2.2.1. Proyeksi Kebutuhan Pasar Etilen Oksida .....	10

2.2.2. Kapasitas Pabrik yang Menguntungkan .....	10
2.3. Pemilihan Proses .....	11
2.4. Pemilihan Bahan Baku .....	12
2.5. Uraian Proses .....	12
2.5.1. Tahap Preparasi Bahan Baku.....	12
2.5.2. Tahap Reaksi .....	13
2.5.3. Tahap Pemurnian.....	13
2.5.4. Tahap Recycle .....	15
<b>BAB 3 LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....</b>	<b>17</b>
3.1. Lokasi Pabrik.....	17
3.2. Tata Letak Pabrik.....	18
3.3. Luas Area Pabrik .....	19
<b>BAB 4 NERACA MASSA DAN NERACA PANAS .....</b>	<b>24</b>
4.1. Neraca Massa.....	24
4.2. Neraca Panas.....	31
<b>BAB 5 UTILITAS .....</b>	<b>43</b>
5.1. Unit Pengolahan Air ( <i>Water Treatment Plant</i> ).....	43
5.1.1. Air Pendingin.....	43
5.1.2. Air Umpan Boiler .....	45
5.1.3. Air Domestik .....	46
5.1.4. Total Air yang Disuplai Unit Utilitas .....	46
5.2. Unit Pengadaan <i>Steam</i> .....	46
5.3. Unit Pengadaan <i>Refrigerant</i> .....	47
5.3.1. Peralatan .....	47
5.4. Unit Pengadaan Listrik .....	48
5.4.1. Peralatan .....	48
5.4.2. Penerangan.....	48
5.5. Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	51
5.5.1. Bahan Bakar Boiler.....	51

5.5.2. Bahan Bakar Keperluan Generator .....	52
5.5.3. Total Kebutuhan Bahan Bakar.....	52
<b>BAB 6 SPESIFIKASI PERALATAN.....</b>	<b>54</b>
<b>BAB 7 TUGAS KHUSUS .....</b>	<b>90</b>
7.1. <i>Pressure Swing Adsorption (PSA)</i> .....	90
7.2. Reaktor.....	105
<b>BAB 8 ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>118</b>
8.1. Bentuk Perusahaan.....	118
8.2. Struktur Organisasi .....	119
8.3. Tugas dan Wewenang.....	120
8.4. Sistem Kerja.....	123
8.5. Penentuan Jumlah Buruh .....	125
<b>BAB 9 ANALISA EKONOMI .....</b>	<b>130</b>
9.1. Keuntungan (Profitabilitas) .....	130
9.2. Lama Waktu Pengembalian Modal .....	131
9.2.1. Lama Pengembalian Modal TCI.....	131
9.2.2. <i>Pay Out Time (POT)</i> .....	132
9.3. Total Modal Akhir .....	133
9.3.1. <i>Net Profit Over Total Life of The Project (NPOTLP)</i> .....	133
9.3.2. <i>Total Capital Sink (TCS)</i> .....	134
9.4. Laju Pengembalian Modal .....	135
9.4.1. <i>Rate of Return on Investment (ROR)</i> .....	135
9.4.2. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)</i> .....	136
9.5. <i>Break Even Point (BEP)</i> .....	136
<b>BAB 10 KESIMPULAN .....</b>	<b>140</b>

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Data Kebutuhan Etilen Oksida di ASEAN.....	10
Tabel 2.2. Kapasitas Pabrik Etilen Oksida .....	10
Tabel 2.3. Perbandingan Beberapa Proses Pembuatan Etilen Oksida .....	12
Tabel 5.1. Kebutuhan Penerangan berdasarkan Lokasi.....	48
Tabel 5.2. Kategori dan Tipe Penerangan .....	49
Tabel 7.1. Efisiensi termodinamika (Hukum pertama) untuk PSA <i>Air Separation</i> <i>Process</i> .....	99
Tabel 8.1. Pembagian Jam Kerja Pekerja Shift .....	124
Tabel 8.2. Perincian Jumlah Pekerja.....	127
Tabel 9.1. Angsuran Pengembalian Modal TCI.....	132
Tabel 9.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi .....	139

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1. Tata Letak Peralatan .....	20
Gambar 3.2. Tata Letak Lokasi Pabrik.....	21
Gambar 3.3. Peta Lokasi Pabrik .....	22
Gambar 3.4. Lokasi Pabrik berdasarkan <i>Google Maps</i> .....	23
Gambar 3.5. Peta Administratif Kecamatan Ujung Jaya .....	23
Gambar 7.1. <i>Pressure Swing Adsorption Process</i> .....	90
Gambar 7.2. Proses Adsorpsi dan Desorpsi .....	91
Gambar 7.3. Konsep dari Sistem PSA .....	94
Gambar 7.4. Variasi Biaya dengan <i>Throughput</i> untuk PSA dan <i>Cryogenic Air Separation Processes</i> .....	98
Gambar 7.5. Blok diagram langkah-langkah perhitungan desain PSA .....	101
Gambar 7.6. Reaktor Fixed Bed .....	112
Gambar 7.7. <i>Single Bed Reactor</i> .....	107
Gambar 7.8. <i>Multi Bed Reactor</i> .....	108
Gambar 7.9. <i>Multitube Reactor</i> .....	109
Gambar 7.10. Susunan <i>Triangular Pitch</i> .....	116
Gambar 7.11. Skema Reaksi <i>Triangular</i> .....	116
Gambar 8.1. Struktur Organisasi .....	129
Gambar 9.1. <i>Break Event Point (BEP)</i> .....	137

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan Neraca Massa.....	143
Lampiran 2. Perhitungan Neraca Panas.....	176
Lampiran 3. Perhitungan Spesifikasi Peralatan.....	289
Lampiran 4. Perhitungan Ekonomi.....	458

## DAFTAR NOTASI

### Accumulator

C	: Allowable corrosion, m
E	: Efisiensi pengelasan, dimensionless
ID, OD	: Diameter dalam, Diameter luar, m
L	: Panjang accumulator, m
P	: Tekanan operasi, atm
	: Working stress yang diizinkan, atm
	: Temperatur operasi, K
t	: Tebal dinding accumulator, m
V	: Volume total, m <sup>3</sup>
V <sub>s</sub>	: Volume silinder, m <sup>3</sup>
ρ	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>

### Compressor

BHP	: Brake Horse Power, power yang dibutuhkan, HP
k	: Konstanta kompresi
n	: Jumlah stage
	: Efisiensi kompresor
P <sub>in</sub>	: Tekanan masuk, atm
P <sub>out</sub>	: Tekanan keluar, atm
T <sub>1</sub>	: Temperatur masuk kompresor, °C
T <sub>2</sub>	: Temperatur keluar kompresor, °C
P <sub>w</sub>	: Power kompresor, Hp
Q	: Kapasitas kompresor
R <sub>c</sub>	: Ratio kompresi, tidak berdimensi
W	: Laju alir massa, lb/jam
	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>



**Heat Exchanger (Cooler, Condensor, Heater, Partial Condensor, Reboiler, dan Vaporizer)**

A	: Area perpindahan panas, ft <sup>2</sup>
a <sub>a</sub> , a <sub>p</sub>	: Area alir pada annulus, inner pipe, ft <sup>2</sup>
a <sub>s</sub> , a <sub>t</sub>	: Area alir pada shell and tube, ft <sup>2</sup>
a''	: External surface per 1 in, ft <sup>2</sup> /in ft
B	: Baffle spacing, in
C''	: Clearance antar tube, in
C <sub>p</sub>	: Spesific heat, Btu/lb °F
D	: Diameter dalam tube, in
D <sub>e</sub>	: Diameter ekuivalen, in
D <sub>s</sub>	: Diameter shell, in
f	: Faktor friksi, ft <sup>2</sup> /in <sup>2</sup>
G <sub>t</sub> , G <sub>s</sub>	: Laju alir pada tube, shell, lb/h.ft <sup>2</sup>
	: Percepatan gravitasi
	: Koefisien perpindahan panas, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F
h <sub>i</sub> , h <sub>o</sub>	: Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam, bagian luar tube
j <sub>H</sub>	: Faktor perpindahan panas
k	: Konduktivitas termal, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F
L	: Panjang tube pipa, ft
LMTD	: Logarithmic Mean Temperature Difference, °F
N	: Jumlah baffle
N <sub>t</sub>	: Jumlah tube
P <sub>T</sub>	: Tube pitch, in
ΔP <sub>T</sub>	: Return drop shell, psi
ΔP <sub>s</sub>	: Penurunan tekanan pada shell, psi
ΔP <sub>t</sub>	: Penurunan tekanan pada tube, psi
ID	: Inside diameter, ft
OD	: Outside diameter, ft
Q	: Beban panas heat exchanger, Btu/hr
R <sub>d</sub>	: Dirt factor, hr.ft <sup>2</sup> .°F/Btu

Re	: Bilangan Reynold, dimensionless
s	: Specific gravity
T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub>	: Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
t <sub>1</sub> , t <sub>2</sub>	: Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
T <sub>a</sub>	: Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t <sub>a</sub>	: Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
t <sub>f</sub>	: Temperatur film, °F
t <sub>w</sub>	: Temperatur pipa bagian luar, °F
Δt	: Beda temperatur yang sebenarnya, °F
U	: Koefisien perpindahan panas
U <sub>C</sub> , U <sub>D</sub>	: Clean overall coefficient, Design overall coefficient, Btu.hr.ft <sup>2</sup> .°F
	: Kecepatan alir, ft/s
	: Kecepatan alir massa fluida panas, lb/hr
w	: Kecepatan alir massa fluida dingin, lb/hr
μ	: Viskositas

### **Pompa**

A	: Area alir pipa, in <sup>2</sup>
BHP	: Brake Horse Power, HP
D <sub>opt</sub>	: Diameter optimum pipa, in
	: Faktor friksi
	: Percepatan gravitasi, ft/s <sup>2</sup>
g <sub>c</sub>	: Konstanta percepatan gravitasi, ft/s <sup>2</sup>

$H_f$	: Total friksi, ft
$H_{fs}$	: Friksi pada dinding pipa, 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
$H_d, H_s$	: Head discharge, suction, ft
ID	: Inside diameter, in
OD	: Outside diameter, in
$K_c, K_e$	: Contaction, ekspansion contraction, ft
L	: Panjang pipa, m
$L_e$	: Panjang ekuivalen pipa, m
$m_f, m_s$	: Kapasitas pompa, laju alir, lb/h
MHP	: Motor Horse Power, HP
NPSH	: Net Positive Suction Head, ft . lbf/ lb
$P_{uap}$	: Tekanan uap, psi
$Q_f$	: Laju alir volumetrik, ft <sup>3</sup> /s
Re	: Reynold Number, dimensionless
$V_s$	: Suction velocity, ft/s
$V_d$	: Discharge velocity, ft/s
$\Delta P$	: Differential pressure, psi
	: Equivalent roughness, ft
	: Efisiensi pompa
	: Viskositas, kg/m.hr
$\rho$ :	Densitas, kg/m <sup>3</sup>

### **Reaktor**

C	: Tebal korosi yang diizinkan, in
$D_T$	: Diameter tube, in
$D_S$	: Diameter reaktor, m
$D_P$	: Diameter katalis, m
$F_{A_0}$	: Laju alir umpan, kmol/jam
$H_T$	: Tinggi tube, m
$H_R$	: Tinggi shell reaktor, m

k	: Konstanta kecepatan reaksi
N <sub>t</sub>	: Jumlah tube
P <sub>t</sub>	: Tube pitch, in
P	: Tekanan operasi, atm
S	: Working stress yang diizinkan, psi
t	: Tebal dinding reaktor, mm
V <sub>r</sub>	: Volume reaktor, m <sup>3</sup>
V <sub>k</sub>	: Volume katalis, m <sup>3</sup>
ρ, ρ <sub>k</sub>	: Densitas fluida, katalis, kg/m <sup>3</sup>
	: Void fraksi, tidak berdimensi
A <sub>o</sub>	: Luas tiap lubang orifice, m <sup>2</sup>
A <sub>t</sub>	: Luas area total orifice, m <sup>2</sup>
A <sub>pp</sub>	: Luas Perforated Plate, m <sup>2</sup>
C	: Corrosion maksimum, in
C <sub>Ao</sub>	: Konsentrasi reaktan A mula-mula, kmol/m <sup>3</sup>
C <sub>Bo</sub>	: Konsentrasi reaktan B mula-mula, kmol/m <sup>3</sup>
D <sub>B</sub>	: Diameter bubble, mm
D <sub>t</sub> , D <sub>R</sub>	: Diameter tangki, m
D <sub>O</sub>	: Diameter orifice, mm
D <sub>s</sub>	: Diameter sparger, m
D <sub>pp</sub>	: Diameter perforated plate, m
E	: Joint efisiensi
E	: Energi aktivasi
F <sub>Ao</sub>	: Jumlah feed mula-mula, Kmol
h	: Tinggi head, m
H <sub>L</sub>	: Tinggi liquid, m
H <sub>s</sub> , H	: Tinggi silinder, m
H <sub>s</sub>	: Tinggi sparger, m
H <sub>T</sub>	: Tinggi tangki, m
ID	: Inside diameter, m
k	: Konstanta kecepatan reaksi, m <sup>3</sup> /kmol jam
K	: Konstanta Boltzmann : 1,30 . 10 <sup>-16</sup> erg/K

Lp	: Jarak pitch, m
M <sub>A</sub>	: Berat molekul A
M <sub>B</sub>	: Berat molekul B
N	: Bilangan avogadro : $6,203 \cdot 10^{23}$ molekul/mol
N <sub>t</sub> , N <sub>or</sub>	: Jumlah orifice
OD	: Outside diameter, m
P	: Tekanan desain, psi
P	: Power, HP
q	: Debit per orifice, m <sup>3</sup> /jam
Q	: Volumetrik flowrate, m <sup>3</sup> /jam
R	: Konstanta umum gas : $1,987 \cdot 10^{-3}$ kkal/mol. K
	: Working stress allowable, psi
	: Temperatur operasi, K
U <sub>c</sub>	: Overall heat transfer coefficient
U <sub>g</sub>	: Kecepatan masuk gas tiap lubang, m/s
U <sub>s</sub>	: Kecepatan superficial gas, m/s
U <sub>t</sub>	: Kecepatan terminal bubble, m/s
V	: kecepatan gelembung gas lepas orifice, m/s
V <sub>B</sub>	: Volume Bubble, m <sup>3</sup>
V <sub>E</sub>	: Volume ellipsoidal, m <sup>3</sup>
V <sub>s</sub>	: Volume silinder, m <sup>3</sup>
V <sub>t</sub>	: Volume tangki total, m <sup>3</sup>
W <sub>L</sub>	: Laju alir massa liquid, kg/jam
W <sub>G</sub>	: Laju alir massa gas, kg/jam
	: Laju alir massa, kg/jam
	: Konversi
	: Viskositas, kg/m.hr
	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>
	: Waktu tinggal, jam
σ <sub>A</sub>	: Diameter molekul A
σ <sub>B</sub>	: Diameter molekul B
ε <sub>g</sub>	: Gas hold up

## **Tangki**

	: Allowable corrosion, m
	: Diameter tanki, m
	: Joint efisiensi
h	: Tinggi head, m
He	: Tinggi elipsoidal, m
Hs	: Tinggi silinder tanki, m
Ht	: Tinggi total tanki, m
P	: Tekanan, atm
S	: Allowable stress, psi
t	: Tebal dinding tanki, m
Vh	: Volume head, m <sup>3</sup>
Vs	: Volume silinder, m <sup>3</sup>
Vt	: Kapasitas tanki, m <sup>3</sup>
W	: Laju alir massa, kg/h
$\rho$	: Densitas, kg/m <sup>3</sup>

## **Dimensionless Number**

N <sub>Re</sub>	: Reynold Number
Sc	: Schmidt
j <sub>H</sub>	: Faktor perpindahan panas

## RINGKASAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN ETILEN OKSIDA KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN

Karya tulis berupa Skripsi, 13 Januari 2018

Marliana Wati dan Gerry Charisti, Dibimbing oleh Ir. H. Abdullah Saleh, MS., M.Eng

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xx + 546 halaman, 7 tabel, 6 gambar, 4 lampiran

### RINGKASAN

Pabrik pembuatan Etilen Oksida kapasitas 120.000 ton/tahun ini direncanakan untuk didirikan pada tahun 2022 berlokasi di Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan dengan luas area 5 ha. Proses pembuatan Etilen Oksida mengacu pada US Patent No. 2016/9260366 B2. Reaksi berlangsung di *Multitubular Reaktor* dengan temperatur 350°C dengan tekanan 10 atm. Pabrik ini merupakan perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff*, yang dipimpin oleh seorang direktur dengan jumlah karyawan 161 orang. Pabrik pembuatan Etilen Oksida ini layak didirikan karena telah memenuhi persyaratan parameter ekonomi sebagai berikut:

- Investasi (TCI) = US \$ 30,812,840.7048
- Hasil Penjualan per tahun = US \$ 261,866,844.3840
- Biaya produksi per tahun = US \$ 173,589,856.5626
- Laba bersih per tahun (ACF) = US \$ 68,859,186.0451
- *Pay Out Time* = 2 tahun
- *Rate of Return on investment* = 88,82 %
- *Discounted Cash Flow –ROR* = 95,92 %
- *Break Even Point* = 31,8480 %
- *Service Life* = 11 tahun

Kata kunci : Etilen Oksida, Analisa Ekonomi, Pabrik, Spesifikasi Peralatan

Kepustakaan :

# BAB I

## PEMBAHASAN UMUM

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia semakin berkembang pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap kebutuhan produk baik kebutuhan primer, sekunder, maupun tersier. Perkembangan tersebut salah satunya ditandai dengan semakin banyaknya industri-industri yang berkembang di bidangnya masing-masing. Misalnya industri makanan, bahan-bahan kimia, dan lain sebagainya. Masing-masing industri tersebut membutuhkan bahan baku sesuai dengan produk yang akan diproduksi.

Indonesia merupakan suatu negara berkembang. Industri kimia Indonesia masih dalam tahap pengembangan. Masih ada sebagian bahan baku untuk industri kimia tersebut masih diimpor. Hal ini dapat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Salah satu bahan kimia yang diimpor tersebut adalah etilen oksida. Jumlah impor etilen oksida ini juga meningkat setiap tahunnya. Dengan demikian dapat dilihat bahwa kebutuhan akan etilen oksida meningkat setiap tahunnya.

Etilen oksida juga biasanya disebut dengan *oxirena*, dimetil oksida. Etilen oksida, biasanya digunakan sebagai:

- 1) bahan *intermediate* dalam memproduksi bahan antibeku (*antifreeze*)
- 2) untuk bahan baku pembuatan etilen glikol
- 3) *polyester resins*
- 4) fungisida pertanian (secara komersial sebagai campuran dengan gas inert)
- 5) bahan baku pembuatan akrilonitril dan surfaktan non-ionik
- 6) pada bidang kedokteran digunakan sebagai *sterilizing agent* untuk alat-alat yang digunakan seperti untuk alat bedah
- 7) *furnigent* yang dapat mengendalikan serangga di tanah.

Selain penggunaan etilen oksida-nya langsung, senyawa-senyawa turunan dari etilen oksida juga banyak digunakan sebagai bahan baku industri. Etilen oksida merupakan produk yang dihasilkan dari reaksi oksidasi etilen dengan



oksigen. Etilen sendiri dapat dihasilkan dari perengkahan hidrokarbon seperti etana, nafta, gas oil, atau hydrowax menjadi etilen. Atau dapat pula melalui proses oxidehidrogenasi etana.

Penggunaan etilen oksida semakin meningkat seiring dengan semakin meningkatnya kebutuhan bahan-bahan kimia yang terbuat dari etilen oksida tersebut. Produk-produk seperti di-etilen glikol dan tri-etilen glikol banyak digunakan sebagai pengering dalam industri, salah satunya dalam pabrik pengolahan gas alam menjadi LPG.

Produksi etilen oksida di dunia mencapai 19 juta metrik ton dalam rentang waktu 2008 dan 2009, terjadi peningkatan dari 18 juta metrik ton di tahun 2007 (Carbon Counts, 2011). Pada umumnya produksi di dominasi oleh perusahaan kimia dan petrokimia multinasional yang besar, sering kali pada industri yang besar dikombinasikan dengan produksi etilen dan etilen glikol.

## **1.2 Sejarah dan Perkembangan**

Etilen Oksida merupakan senyawa *intermediate* yang pertama kali ditemukan oleh John Wurtz pada tahun 1859 dengan cara mereaksikan ethylene chlorohidrin (2-kloroetanol) dengan larutan kalsium hidroksida atau yang lebih dikenal dengan proses khlorohidrin. Pembuatan etilen oksida dengan proses ini mulai diterapkan secara komersil dalam skala besar dilakukan oleh Union Carbide Corporation pada tahun 1925. Pada tahun 1931, Robert Lefort berhasil menemukan proses pembuatan etilen oksida dengan proses oksidasi langsung etilen dengan udara dengan menggunakan katalis perak yang berlangsung dalam fase gas.

Proses ini tersebut diterapkan secara komersil pada tahun 1937 oleh Union Carbide Corporation. Proses oksidasi langsung kemudian mendominasi produk etilen oksida di seluruh dunia, dimana etilen oksida diproduksi dengan menggunakan reaksi oksidasi langsung dari etilen dengan udara atau oksigen sebagai *oxidizing agent*.

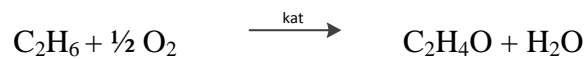
### 1.3 Macam – macam Proses Pembuatan

#### 1.3.1. Proses Oksidasi Etilen dari Etana dengan Oksigen sebagai *Oxidizing Agent*

Dalam proses produksi ini, terdapat dua tahapan proses pembuatan etilen oksida, yaitu:

##### 1) Proses Pembuatan Etilen

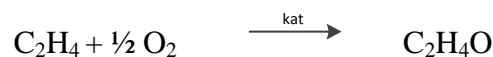
Proses pembuatan etilen ini dengan menggunakan etana yang akan mengalami reaksi *oxydehydrogenation*, oksigen digunakan sebagai *oxidizing agent*. Pada reaksi ini dibutuhkan bantuan katalis (MoVaTeNbO) yang terjadi pada temperatur 200-500°C dan pada tekanan 1- 10 atm.



##### 2) Proses Pembuatan Etilen Oksida

Pada proses pembuatan etilen oksida yang berbahan baku etilen yang berasal dari etana ini tidak membutuhkan *inert gas* dikarenakan etana yang digunakan sebagai bahan baku pada saat proses pembuatan etilen, terdapat sebagian etana yang tidak terkonversi. Etana yang tidak terkonversi ini dapat langsung digunakan sebagai *inert gas* yang akan menggantikan fungsi dari metana atau nitrogen yang biasanya digunakan sebagai *inert gas*. Katalis yang digunakan adalah katalis perak. Untuk menjaga kinerja dari katalis tersebut dimasukkan etilen klorida ke dalam reaktor. Reaksi pembuatan etilen oksida ini berlangsung pada temperatur 200-300 °C dan tekanannya berkisar antara 10-30 atm. *Selectivity* etilen oksida pada proses pembuatan ini adalah sebesar 88,9%. Adapun mekanisme reaksinya adalah:

Reaksi utama :



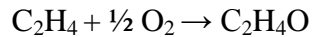
Reaksi samping :



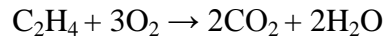
### 1.3.2. Proses Oksidasi Etilen dengan Oksigen sebagai *Oxidizing Agent*

Dalam proses ini terjadi reaksi utama yaitu pembentukan etilen oksida dan reaksi samping menghasilkan karbondioksida dan air.

Reaksi utama :



Reaksi samping :



Reaksi dijalankan dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan kondisi tekanan 10-30 bar dan suhu 200-300 °C dengan menggunakan katalis perak. *Selectivity* etilen menjadi etilen oksida yang dihasilkan berkisar 88,9%. Selain terbentuk etilen oksida, juga terbentuk produk samping berupa gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dengan kandungan CO<sub>2</sub> yang tinggi. Hal ini menyebabkan diperlukan rangkaian CO<sub>2</sub> absorber dan CO<sub>2</sub> *stripper* untuk mengurangi kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dan gas yang akan keluar sebelumnya dapat di-*recycle* ke dalam reaktor. Untuk menghambat pembentukan CO<sub>2</sub> juga dapat ditambahkan inhibitor seperti etilen diklorida atau vinil klorida. Selain itu, untuk mencegah efek eksplosivitas etilen terhadap oksigen, maka perlu penambahan nitrogen sebagai *ballast gas* dalam siklus reaktor.

### 1.3.3. Proses Oksidasi Etilen dengan Udara sebagai *Oxidizing Agent*

Pembuatan etilen oksida melalui proses ini dengan menggunakan udara bertekanan tinggi yang kemudian dimurnikan guna menghilangkan pengotornya, kemudian dicampurkan dengan etilen dan aliran gas *recycle*. Gas yang telah bercampur lalu diumpankan ke dalam reaktor yang di dalamnya terdapat katalis, agar terjadi reaksi oksidasi menjadi etilen oksida, karbon dioksida, dan air. Untuk memperlambat terbentuknya karbon dioksida, maka ditambahkan inhibitor berupa halida organik seperti etilen diklorida.

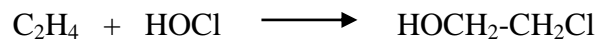
Reaksi berlangsung pada temperatur 220-277 °C dan tekanannya berkisar antara 10-30 atm dengan katalis perak. *Selectivity* yang dihasilkan berkisar 63-75%. Ini lebih rendah dibandingkan dengan oksidasi etilen dengan oksigen sebagai *oxidizing agent*. Selain itu, proses ini memerlukan volume reaktor yang

lebih besar dibanding proses menggunakan oksigen dan untuk mencegah akumulasi nitrogen dalam reaktor dibutuhkan purging pada reaktor sehingga membutuhkan biaya investasi yang lebih besar dan proses pengendalian yang lebih cermat.

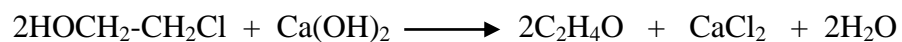
#### 1.3.4. Proses Klorohidrin

Proses pembuatan etilen oksida pada proses klorohidrin terdiri dari dua reaksi utama yaitu reaksi pembentukan klorohidrin dan reaksi pembentukan etilen oksida dari klorohidrin. Reaksinya sebagai berikut:

- a. Reaksi etilen dengan asam hipoklorit untuk menghasilkan klorohidrin.



- b. Reaksi klorohidrin dengan kalsium hidroksida sehingga diperoleh etilen oksida.



Reaksi klorohidrin berlangsung di dalam reaktor *packed tower* yang terbuat dari material tahan korosi pada kondisi optimum yaitu temperatur 27–43°C dan tekanan 2-3 bar dengan *selectivity* 85-90%. Pada reaktor pertama ini perlu pengendalian yang cermat untuk menekan terbentuknya produk reaksi samping, yaitu etilen diklorida.

Produk dari reaktor pertama berupa cairan etilen klorohidrin yang keluar dari dasar reaktor selanjutnya direaksikan dengan *slurry*  $\text{Ca(OH)}_2$  dalam reaktor hidrolisa pada 100 °C. *Selectivity* reaksi kedua sebesar 90-95%. Hasil reaktor kedua berupa uap etilen oksida kemudian dikondensasikan untuk diembunkan, dan selanjutnya dialirkan ke unit pemurnian (Mc. Ketta, 1976). Pada proses klorohidrin terdapat beberapa kekurangan jika dibandingkan dengan proses oksidasi langsung, yaitu:

- 1) Terdapat produk samping yang mengandung klor.
- 2) Memerlukan bahan baku yang lebih beraneka ragam.
- 3) Terdapatnya klor dalam aliran bahan baku sehingga dibutuhkan peralatan tahan korosi yang harganya sangat mahal.

## 1.4. Sifat Fisika dan Sifat Kimia

### 1.4.1. Bahan Baku

#### a. Etilen

Rumus Molekul	: $C_2H_4$
Berat Molekul	: 28,054 kg/kmol
Densitas	: 577 kg/m <sup>3</sup> cairan
Wujud	: Gas
Titik didih	: -103,8 °C
Titik leleh	: -169,2 °C
Temperatur kritis	: 282,4 K
Tekanan kritis	: 50,4 bar
Kapasitas Panas (Cp)	: $3,806 T + 15,659 \times 10^{-2} T^2 + (-8,348 \times 10^{-5} T^3) + 17,551 \times 10^{-9} T^4$ (J/mol.K)

#### a. Oksigen

Rumus Molekul	: $O_2$
Berat Molekul	: 31,999 kg/kmol
Densitas	: 1149 kg/m <sup>3</sup> cairan
Wujud	: Gas
Titik didih	: -183,0 °C
Titik leleh	: -218,8 °C
Temperatur kritis	: 154,6 K
Tekanan kritis	: 50,5 bar
Kapasitas Panas (Cp)	: $28,106 T + (-3,680 \times 10^{-6} T^2) + 17,459 \times 10^{-6} T^3 + (-1,065 \times 10^{-8} T^4)$ (J/mol.K)

### 1.4.2. Inert Gas

#### a. Nitrogen

Rumus Molekul	: $N_2$
Berat Molekul	: 28,02 kg/kmol
Densitas	: 899 kg/m <sup>3</sup> cairan

Wujud	: Gas
Titik didih	: $-195,8\text{ }^{\circ}\text{C}$
Titik leleh	: $-209,9\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatur kritis	: 126,2 K
Tekanan kritis	: 33,9 bar
Kapasitas Panas ( $C_p$ )	: $21,621 T + 72,808 \times 10^{-3} T^2 + (-5,778 \times 10^{-5} T^3) + 18,301 \times 10^{-9} T^4$ (J/mol.K)

b. Etana

Rumus Molekul	: $\text{C}_2\text{H}_6$
Berat Molekul	: 30,07 kg/kmol
Densitas	: $548\text{ kg/m}^3$ cairan
Wujud	: Gas
Titik didih	: $-88,7\text{ }^{\circ}\text{C}$
Titik leleh	: $-183,3\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatur kritis	: 305,4 K
Tekanan kritis	: 48,8 bar
Kapasitas Panas ( $C_p$ )	: $5,409 T + 17,811 \times 10^{-2} T^2 + (-6,938 \times 10^{-5} T^3) + 87,127 \times 10^{-10} T^4$

### 1.4.3. Katalis

a. Perak

Rumus Molekul	: Ag
Berat Molekul	: 107,87 kg/kmol
Wujud	: Padat
Titik didih	: $1950\text{ }^{\circ}\text{C}$
Titik leleh	: $960,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
Specific gravity	: 10,5 pada $20\text{ }^{\circ}\text{C}$
Kapasitas Panas ( $C_p$ )	: $5,6 + 0,0015 T$ (J/mol.K)

### 1.4.4. Produk

a. Etilen Oksida

Rumus Molekul	: $C_2H_4O$
Berat Molekul	: 44,054 kg/kmol
Densitas	: 899 kg/m <sup>3</sup> cairan
Wujud	: Gas
Titik didih	: 10,3 °C
Titik leleh	: -112,2 °C
Temperatur kritis	: 469 K
Tekanan kritis	: 71,9 bar
Kapasitas Panas (Cp)	: $-7,519 T + 22,224 \times 10^{-2} T^2 + (-1,256 \times 10^{-4} T^3) + 25,916 \times 10^{-9} T^4$ (J/mol.K)

b. Karbon dioksida

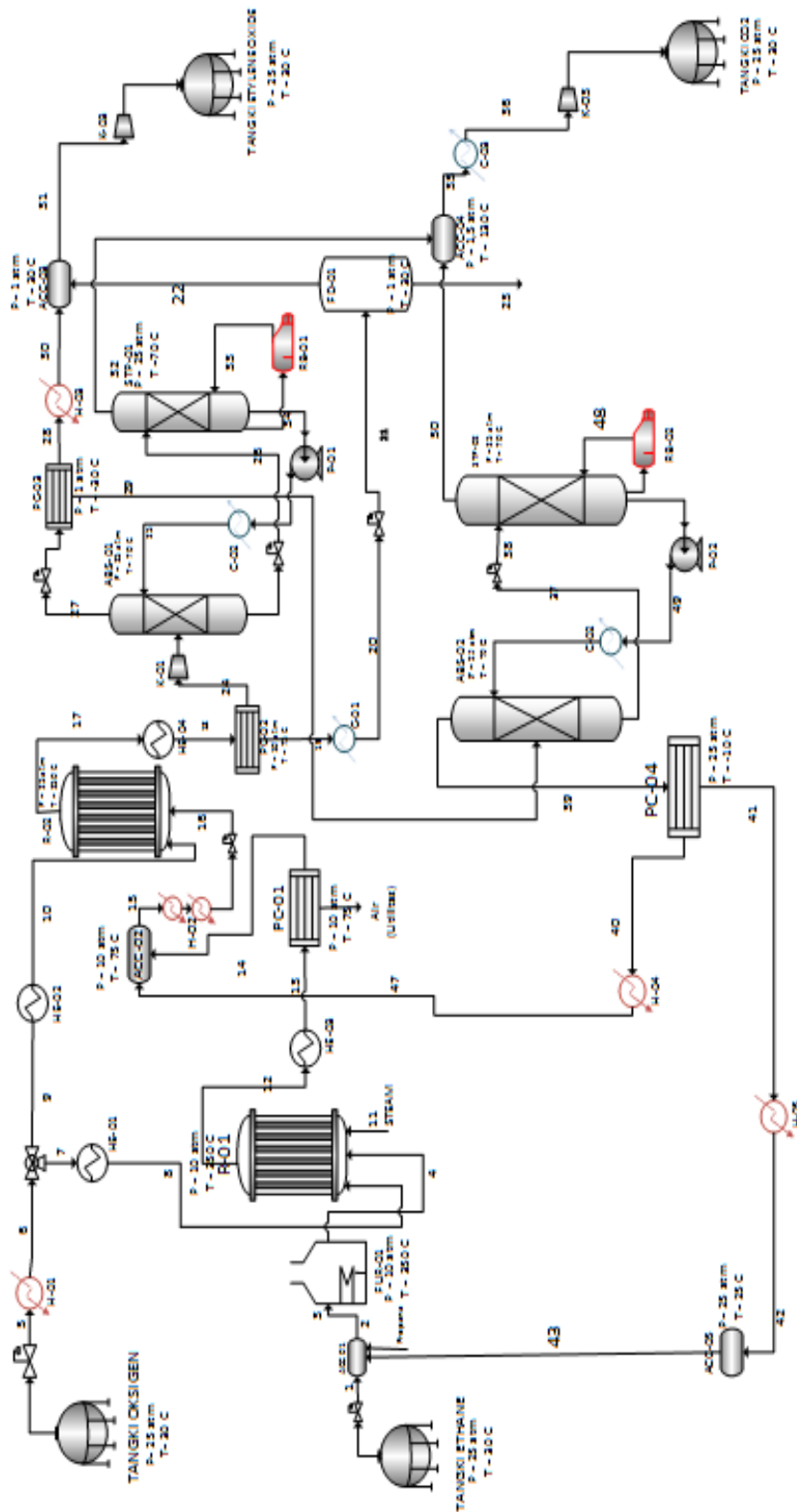
Rumus Molekul	: $CO_2$
Berat Molekul	: 44,01 kg/kmol
Densitas	: 777 kg/m <sup>3</sup> cairan
Wujud	: Gas
Titik didih	: -78,5 °C
Titik leleh	: -56,6 °C
Temperatur kritis	: 304,2 K
Tekanan kritis	: 73,8 bar
Kapasitas Panas (Cp)	: $19,795 T + 73,436 \times 10^{-3} T^2 + (-5,602 \times 10^{-5} T^3) + 17,153 \times 10^{-9} T^4$ (J/mol.K)

c. Air

Rumus Molekul	: $H_2O$
Berat Molekul	: 18,015 kg/kmol
Densitas	: 998 kg/m <sup>3</sup> cairan
Wujud	: liquid
Titik didih	: 100 °C
Titik leleh	: 0 °C
Temperatur kritis	: 647,3 K
Tekanan kritis	: 220 bar

$$\text{Kapasitas Panas (Cp)} : 32,243 T + 19,238 \times 10^{-4} T^2 + 10,555 \times 10^{-6} T^3 + (-3,596 \times 10^{-9} T^4) \text{ (J/mol.K)}$$





Universitas Sriwijaya  
 Fakultas Teknik  
 Jurusan Teknik Kimia

**Diagram Alir Proses Pembuatan Etilena Oksida**

Digambar Oleh : 1. Marliza Wati (0303118120017)  
 Januari 2018

Diperiksa Oleh : Ir. H. Abdullah Saleh, MS, M.Eng  
 Disetujui Oleh : Ir. H. Abdullah Saleh, MS, M.Eng

Gambar 3.1

Keterangan Gambar

ACC	: Accumulator	PC	: Peralat Kondensator
C	: Cooler	P	: Pompa
H	: Heater	R	: Reaktor
K	: Kompressor	RB	: Reboiler
AB	: Absorber	T	: Tangki
ST	: Stripper	ST	: Storage Tank
HE	: Heat Exchanger	FUR	: Furnace
FD	: Flash Drum		

## DAFTAR PUSTAKA

- Cowan, D., dkk. 2010. *REAL Zero – Reducing refrigerant emissions & leakage - feedback from the IOR Project*. The Institute of Refrigeration: United Kingdom.
- Eller, P.M. 1994. *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) Fourth Edition*. U.S. Department of Health and Human Services: Ohio.
- Hessel, M. dan Pullach. 2001. *Method and Reactor for Producing Ethylene Oxide*. US Patent Publication No. 6,172,244 B1.
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*. Unsri: Palembang
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Kilty, P.A. dan Schtler, W. 1974. *The Mechanism of the Selective Oxidation of Ethylene to Ethylene Oxide*. Koninklijke/ Shell-Laboratorium: Amsterdam
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. John Wiley & son : USA.
- Ludwig, E. E., 1997. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Volume 2, Third Edition*. Gulf Publishing Co: Houston.
- Marsella, A. 2006. *Hollow Pellet Suitable as Carrier of Catalysis for Selective Exothermic Reactions*. US Patent Publication No. 7,141,708 B2
- McCabe, W. L., 1995. *Unit Operations of Chemical Engineering*. Mc Graw-Hill Book Co: New York.
- Perry, R. H. dan D. W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7<sup>th</sup> Edition*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Perry, R. H. dan D. W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 8<sup>th</sup> Edition*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Perzon, H. 2015. *A Simulation Method of a Reactor for Ethylene Oxide Production*. Departement of Chemical Engineering Lund University: Sweden.
- Peters, M.S. dan K.D. Timmerhaus. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Fourth Edition*. Mc Graw-Hill Book Co: New York.
- Sinnot, R. K. 2005. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering, Volume 6, Fourth Edition: Chemical Engineering Design*. Elsevier Butterworth-Heinemann: Oxford.
- Smith, J.M. dan H. C. Van Ness. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, Sixth Edition*. Mc Graw-Hill Book Co: New York.
- Stoukides, M. and Pavlou, S. 1985. *Ethylene oxidation on Silver Catalysis: Effect of Ethylene Oxide and of External Transfer Limitations, Volume 44, pp.53-74*. Gordon & Breach Science Publishes: United State of America.

- Treyball, R.E. 1980. *Mass Transfer Operation*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- U.S. Department of Energy. 1995. *Energy Efficiency and Renewable Energy*. Washington DC.
- Walas, S.M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Butterworth-Heinemann: New York.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill Book Co: New York.