

**PRARANCANGAN PABRIK ETILEN OKSIDA  
DARI ETILEN DENGAN PROSES OKSIDASI KAPASITAS  
150.000 TON/TAHUN**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan  
Teknik Kimia Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**ANDY ISMAIL**

**D500120065**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PRANCANGAN PABRIK ETILEN OKSIDA DARI ETILEN DAN  
OKSIGEN DENGAN PROSES OKSIDASI KAPASITAS 150.000 TON PER  
TAHUN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh :

**ANDY ISMAIL**

**D500120065**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



**HAMID ABDILLAH, S.T., M.T**

**NIK. 894**

HALAMAN PENGESAHAN

PRARANCANGAN PABRIK ETILEN OKSIDA DARI ETILEN  
DENGAN PROSES OKSIDASI KAPASITAS 150.000  
TON/TAHUN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

OLEH  
ANDY ISMAIL  
D500120065

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Sabtu, 10 September 2016  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. HAMID ABDILLAH, S.T., M.T.  
(Ketua Dewan Penguji)
2. TRI WIDAYATNO, S.T., M.Sc., Ph.D.  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. KUSMIYATI, S.T., M.T., Ph.D.  
(Anggota II Dewan Penguji)



(.....)

(.....)

(.....)



Dekan,  
Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.  
NIK. 682

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 09 Oktober 2016

Penulis



**ANDY ISMAIL**

**D500120065**

**PRANCANGAN PABRIK ETILEN OKSIDA DARI ETILEN DAN OKSIGEN  
DENGAN PROSES OKSIDASI KAPASITAS 150.000 TON PER TAHUN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**Abstrak**

Prarancangan pabrik etilen oksida proses oksidasi dengan kapasitas 150.000 ton/tahun ini direncanakan beroperasi selama 330 hari per tahun. Pabrik ini akan didirikan di kawasan industri daerah Cilegon, Banten dengan luas tanah 9.705 m<sup>2</sup> dan jumlah karyawan 124 orang. Bahan baku berupa etilen diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical, Cilegon dan oksigen yang diperoleh dari PT. Air Liquid Indonesia, Cilegon. Reaksi pembuatan etilen oksida menggunakan proses oksidasi dengan reaktor fixed bed multitube dengan katalis perak. Berlangsung pada fase gas-gas, irreversible, eksotermis dengan suhu 220-252,6°C dan tekanan 15 atm. Produk samping yang dihasilkan berupa karbondioksida dan air.

Kebutuhan bahan baku etilen pada pembuatan etilen oksida sebesar 117.990 ton/tahun dan oksigen sebesar 74.914 ton/tahun. Utilitas pendukung proses meliputi unit penyediaan air sebesar 108,3 m<sup>3</sup>/hari, unit penyedia steam sebesar 536,7 m<sup>3</sup>/hari yang diperoleh dari boiler dengan bahan bakar solar sebesar 117,9 ft<sup>3</sup>/jam, unit pembangkit listrik membutuhkan daya sebesar 1.263,68 kWh yang diperoleh dari PLN, dan unit pengolahan air limbah.

Pabrik etilen oksida menggunakan modal tetap Rp. 314.644.880.961. Keuntungan per tahun sebelum pajak Rp 2.478.140.104.505, keuntungan per tahun sesudah pajak Rp 1.982.512.083.604, Return of Investment (ROI) 49,9 % dan sesudah pajak 39,1%, Pay Out Time (POT) sebelum pajak 1,72 tahun dan sesudah pajak 2,08. Dari analisa ekonomi diperoleh Break Event Point sebesar dengan Shut Down Point sebesar 53% dan 42% maka pabrik ini layak didirikan karena Pay Out Time dan sesudah adalah 2,08 tahun.

**Kata kunci** : etilen oksida, fixed bed multitube reactor, oksidasi

**Abstract**

Pre-draft Factory ethylene oxide oxidation process with capacity of 150,000 tons / year in operation for 330 days per year. Factory will be established in the industrial area Cilegon, Banten with 9.705 m<sup>2</sup> land area and 124 employees. The raw material ethylene form PT. Chandra Asri Petrochemical, Cilegon and Oxygen from PT. Air Liquide Indonesia, Cilegon. Making the reaction of ethylene oxide oxidation process using fixed bed multitube reactor with silver catalysts. On phase gases, irreversible, with exothermic temperature from 220 to 252.6°C and pressure 15 atm. The resulting product side carbon dioxide and air.

Raw materials production of ethylene oxide needs ethylene amounted 117.990 tons / year and oxygen amounted to 74.914 tons / year. Process supporting utilities include the air supply unit amounted to 108.3 m<sup>3</sup> / day, steam unit amounted to 536.7 m<sup>3</sup> / day be produced from boiler with diesel fuel used to 117.9 ft<sup>3</sup> / hour, unit power needs power of 1263.68 kWh be produced from PLN, and waste treatment unit.

The result of the economic ethylene oxide using fixed capital Rp. 314 644 880 961. Advantages per year before tax Rp 2,478,140,104,505, profit per year after tax Rp 1,982,512,083,604, Return of Investment (ROI) after tax 49.9% and 39.1%, Pay

Out Time (POT) before tax 1.72 years and after tax of 2.08. Economic analysis with Break Even Point and Shut Down Point 53% and 42%. So plant can be established because Pay Out Time and after 2.08 years.

**Keywords:** ethylene oxide, fixed bed multitube reactor, oxidation

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan industri di Indonesia khususnya industri kimia terus mengalami peningkatan. Salah satu bahan kimia yang banyak digunakan adalah etilen oksida. Bahan kimia ini juga dikenal sebagai *oxirane* yang dimanfaatkan sebagai disinfektan atau *sterilizing agent*, untuk mensterilkan peralatan operasi, mematikan kuman atau mikroorganisme pada bahan makanan.

Proyeksi kebutuhan etilen oksida di dalam negeri masih belum mampu tercukupi dengan baik, sehingga kebutuhan etilen oksida di dalam negeri masih bergantung pada impor. Kebutuhan etilen oksida mencapai volume terbesar pada tahun 2013, yaitu 1.065.506 ton. Maka diperkirakan kebutuhan etilen oksida untuk tahun-tahun mendatang akan terus meningkat. Sehingga perlu didirikannya pabrik etilen oksida di Indonesia.

Pendirian pabrik tersebut didasarkan untuk menurunkan ketergantungan impor, sehingga terciptanya lapangan pekerjaan dan meningkatkan sumber daya manusia melalui proses ahli teknologi.

### 1.2 Kapasitas Pabrik Yang Menguntungkan

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas maka pabrik ini akan didirikan pada tahun 2020 dengan kapasitas sebesar 100.000-150.000 ton/tahun. Sehingga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi etilen oksida impor.

Tabel 1. Kapasitas Pabrik yang Sudah Beroperasi

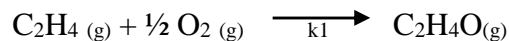
Company	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Albert & Orient Glycol	Prentiss, Alberta, Canada	275.000
BASF	Geismar, Louisiana, US	220.000
Dow Chemical	Prentiss, Alberta, Canda	250.000
	Fort Saskatchewan, Alberta, Canada	285.000
	Plaquemine, Texas, US	275.000

	Taft, Louisiana, US	430.000
Easman Chemical	Longview, Texas, US	105.000
Formosa Plastics	Point Comfort, Texas, US	250.000
Huntsman	Port Neches, Texas, US	460.000
LyondellBasell	Bayport, Texas, US	360.000
Old World Industries	Clear Lake, Texas, US	355.000
Shell Chemical	Geismar, Louisiana, US	420.000
	Fort Saskatchewan, Alberta, Canada	320.000
Total		4.775.000
Sumber : ICIS Plants and Projects Database		

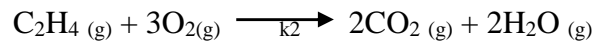
## 2. DESKRIPSI PROSES

Dasar reaksi pembentukan etilen oksida adalah reaksi oksidasi langsung dengan etilen, dengan reaksi sebagai berikut :

Reaksi pertama :



Reaksi kedua :

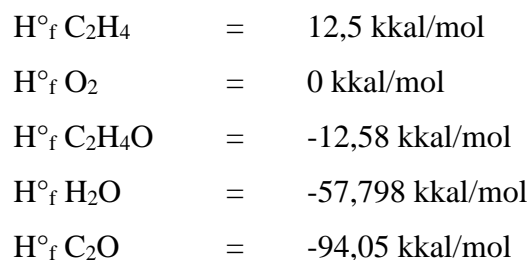


Proses ini berjalan dengan reaksi eksotermis yang berlangsung pada fase gas-gas yang terbentuk dalam sebuah reaktor *fixed bed multitube* pada suhu reaksi 220 – 252,6°C dan tekanan 15 atm menggunakan katalis perak dengan penyangga alumina.

### 2.1 Tinjauan Termodinamika

Untuk menentukan sifat reaksi apakah berjalan secara eksotermis atau endotermis maka perlu pembuktian dengan menggunakan panas reaksi (  $H$  ) pada tekanan 1 atm. Selain itu dapat diketahui apakah reaksi tersebut searah (irreversible) atau bolak-balik (reversible).

Data-data harga  $H^\circ_f$  untuk masing masing komponen pada 298 K adalah sebagai berikut :



Jika  $H^\circ = (-)$  maka reaksi bersifat eksotermis

Jika  $H^\circ = (+)$  maka reaksi bersifat endotermis

Untuk reaksi pertama :

$$\begin{aligned}H^\circ_{R298} \text{ (reaksi pertama)} &= H^\circ_f \text{ produk} - H^\circ_f \text{ reaktan} \\H^\circ_{R298} &= -12,58 - 12,50 \\&= -25,08\end{aligned}$$

Untuk reaksi kedua :

$$\begin{aligned}H^\circ_{R298} \text{ (reaksi kedua)} &= H^\circ_f \text{ produk} - H^\circ_f \text{ reaktan} \\H^\circ_{R298} &= 2 \times (-94,05) + 2 \times (-57,796) - 12,50 \\&= -316,192 \text{ kkal/mol} \\H^\circ_{\text{total}} &= -341,272 \text{ kkal/mol}\end{aligned}$$

Dengan demikian nilai  $H^\circ_{R298}$  reaksi untuk kedua reaksi bersifat negatif, dengan demikian reaksi berjalan eksotermis.

Untuk mengetahui apakah reaksi berjalan searah atau bolak-balik, maka dapat diketahui dari harga konstanta kesetimbangan (K) menurut persamaan Van't Hoff :

$$\begin{aligned}\frac{d \ln K}{d} &= \frac{\Delta H}{R} \\G^\circ_{298} &= -RT \ln K\end{aligned}$$

Dimana  $G^\circ$  untuk masing-masing komponen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}G^\circ_{C_2H_4} &= 16,282 \text{ kkal/mol} \\G^\circ_{O_2} &= 0 \text{ kkal/mol} \\G^\circ_{C_2H_4O} &= -2,79 \text{ kkal/mol} \\G^\circ_{CO_2} &= -94,26 \text{ kkal/mol} \\G^\circ_{H_2O} &= -54,635 \text{ kkal/mol}\end{aligned}$$

Untuk reaksi pertama :

$$\begin{aligned}G^\circ_{\text{reaksi}} &= -2,79 - 16,282 \\&= -19,072 \text{ kkal/mol}\end{aligned}$$

Untuk reaksi kedua :

$$\begin{aligned}G^\circ_{\text{reaksi}} &= 2(-94,26) + (54,635) - 16,282 \\&= -281,508 \text{ kkal/mol} \\G^\circ_{\text{total}} &= -300,58 \text{ kkal/mol}\end{aligned}$$

## 2.2 Tinjauan Kinetika



Reaksi oksidasi etilen menjadi etilen oksida merupakan reaksi katalitik dengan katalis perak. Selain dihasilkan etilen oksida, juga terbentuk karbondioksida sebagai hasil dari reaksi samping antara etilen dan oksigen. Persamaan kecepatan reaksi etilen menjadi etilen oksida dapat dituliskan sebagai berikut (Al Ahmadi et al., 2001) :

Kecepatan terbentuknya etilen oksida (mol/g katalis.jam) :

$$r_{C_2H_4O} = \frac{(2,2 \times 10^{-7}) e^{(-9/T)(P_{O_2})^{0,5}} (P_{C_2H_4})^{0,5}}{1 + (1,0 \times 10^{-2}) e^{(2/T)(P_{O_2})}}$$

Kecepatan terbentuknya karbondioksida (mol/g katalis.jam) :

$$r_{CO_2} = \frac{(4,3 \times 10^{-7}) e^{(-1/T)(P_{O_2})^{0,5}} (P_{C_2H_4})^{0,5}}{1 + (1,0 \times 10^{-2}) e^{(1/T)(P_{O_2})}}$$

Dimana :

- $r_{C_2H_4O}$  = kecepatan reaksi etilen oksida (mol/g katalis.jam)
- $r_{CO_2}$  = kecepatan reaksi karbondioksida (mol/g katalis.jam)
- $P_{C_2H_4}$  = tekanan parsial etilen (atm)
- $P_{O_2}$  = tekanan parsial oksigen (atm)
- $P_{CO_2}$  = tekanan parsial karbondioksida (atm)

### 3. SPESIFIKASI ALAT

#### 3.1 Reaktor

- Nama : Reaktor
- Kode : R-01
- Fungsi : Mereaksikan Etilen dengan Oksigen menjadi Etilen Oksida
- Jenis : Fixed Bed Multi Tube
- Bahan : Stainless Steel

#### Dimensi Reaktor

- Tinggi Reaktor = 4,94 m
- Volume Reaktor = 7,47 m<sup>3</sup>
- Jumlah Tube = 342 tube
- Panjang Tube = 4 m
- Diameter Dalam Tube = 0,957 inch
- Diameter Luar Tube = 1,32 inch

Diameter Dalam Shell= 0,81 m

Tebal Shell = 0,37 inch

Baffle Space = 0,61 m

Tinggi Head = 0,94 m

Tebal Head = 2 inch

### **3.2 Katalis**

Berat Katalis = 296,08 kg

Volume Katalis = 0,33 m<sup>3</sup>

Volume Bed = 1,12 m<sup>3</sup>

### **3.3 Tangki**

Nama : Tangki Etilen

Kode : T-01

Fungsi : Menyimpan etilen

Tipe : Vertikal, Eliptical dished head

Bahan : *Carbon Steel SA-283 grade-C*

Jumlah : 1 buah

Dimensi

Kapasitas = 42.970 Bbl

Tinggi Tangki = 22 m

Diameter = 24,3 m

Jumlah Plate = 5

Tebal Isolasi = 0,5 ft

Tinggi Head = 126,1 in

Tebal Head = 3,5 in

Tebal Shell = 3,75 in

## **4. UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM**

Utilitas pendukung proses meliputi unit penyediaan air sebesar 108,3 m<sup>3</sup>/hari, unit penyedia steam sebesar 536,7 m<sup>3</sup>/hari yang diperoleh dari boiler dengan bahan bakar solar sebesar 117,9

ft<sup>3</sup>/jam, unit pembangkit listrik membutuhkan daya sebesar 1.263,68 kWh yang diperoleh dari PLN, dan unit pengolahan air limbah.

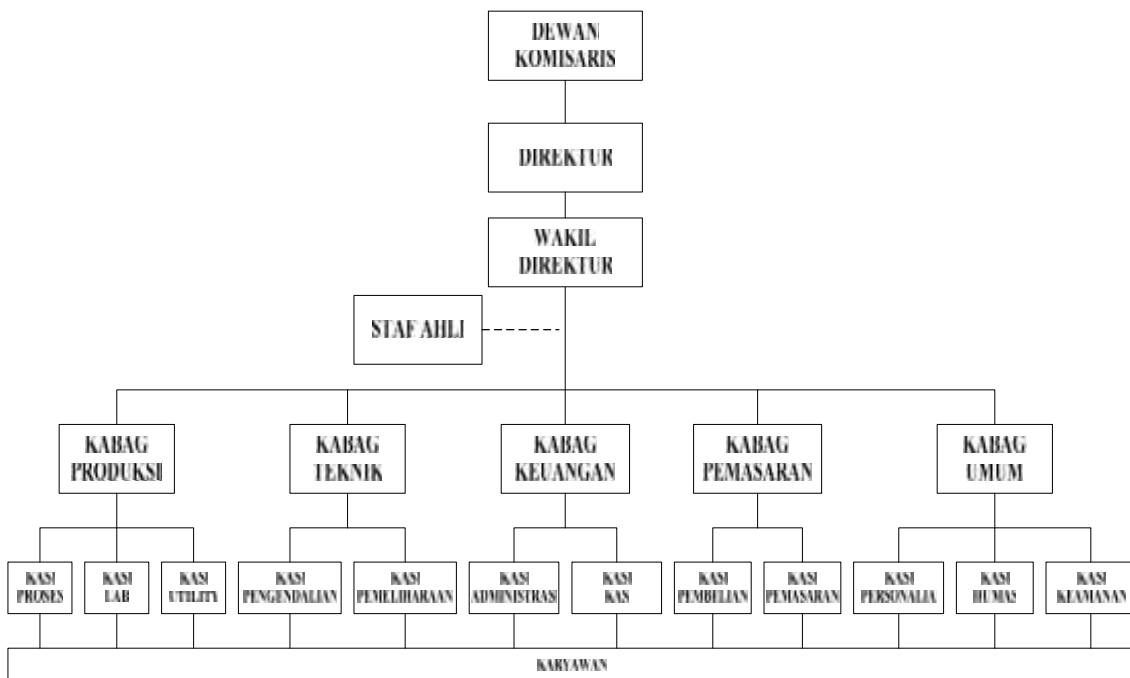
## 5. MANAJEMEN PERUSAHAAN

Pabrik Etilen Oksida yang direncanakan akan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan pertimbangan :

- 1) Wewenang dan tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pemimpin perusahaan
- 2) Efisiensi dan efektifitas manajemen. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang berpengalaman
- 3) Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham
- 4) Suatu PT lebih terjamin karena tidak terpengaruh dengan pergantian saham, direksi maupun karyawan perusahaan
- 5) Pemilik dan pengurus berbeda satu sama lain, pemilik adalah pemegang saham dan pengurus adalah direksi beserta jajaran staf lainnya yang diawasi komisaris

### 5.1 Struktur Organisasi

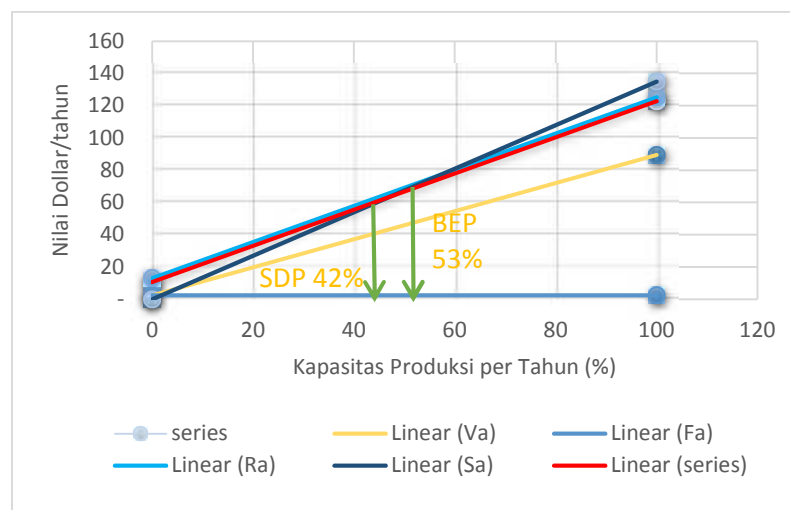
Salah satu faktor yang menunjang kemajuan suatu perusahaan adalah struktur organisasi yang diterapkan untuk mempengaruhi kinerja perusahaan. Struktur organisasi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Struktur Organisasi

## 6. ANALISA EKONOMI

Pada perancangan pabrik etilen oksida dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud mengetahui perancangan pabrik menguntungkan atau tidak, komponen terpenting dari perancangan ini adalah estimasi harga alat-alat, karena harga ini dipakai sebagai dasar estimasi analisa ekonomi. Analisa ekonomi berfungsi mendapatkan perkiraan kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, perolehan besarnya laba, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, terjadinya titik impas, dan pabrik menguntungkan atau tidak jika didirikan.



Grafik 1. Analisa Kelayakan Pabrik

Keterangan gambar :

Fa : *Fixed Manufacturing Cost*

Va : *Variable Cost*

Ra : *Regulated Cost*

Sa : *Sales*

SDP : *Shut Down Point*

BEP : *Break Event Point*

Dari hasil analisa ekonomi di atas maka dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik Etilen Oksida dari Etilen melalui proses oksigen udara dengan kapasitas 150.000 ton/tahun ini layak didirikan.

## 7. KESIMPULAN

Pabrik etilen oksida digolongkan pabrik beresiko tinggi, karena pabrik beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi, serta bahan baku dan produk sama-sama volatil dan mudah terbakar. Hasil analisis kelayakan ekonomi adalah sebagai berikut :

1. Keuntungan sebelum pajak Rp. 2.478.140.104.505 per tahun.  
Keuntungan setelah pajak Rp. 1.982.512.083.604 per tahun.
2. ROI (*Return On Investment*) sebelum pajak 49,8 %.  
ROI (*Return On Investment*) sesudah pajak 39,9%.  
ROI (*Return On Investment*) sebelum pajak untuk pabrik beresiko tinggi minimal 44%.
3. POT (*Pay Out Time*) sebelum pajak 1,72 tahun.  
POT (*Pay Out Time*) sesudah pajak 2,08 tahun.  
POT (*Pay Out Time*) sebelum pajak untuk pabrik beresiko tinggi maksimal 2 tahun.
4. BEP (*Break Event Point*) adalah 53% dan SDP (*Shut Down Point*) adalah 42%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya berkisar antara 40-60%.
5. DCF (*Discounted Cash Flow*) adalah 38,7%.  
DFC yang dapat diterima harus lebih besar dari bunga pinjaman di bank.

Dari data hasil perhitungan analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik etilen oksida layak untuk didirikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ahmadi, Al-Saleh, Shalabi, 2001, *Kinetic Study of Ethylene Oxidation in a Berty Reactor*, Chemical Engineering Departement, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Saudi Arabia.
- Aries, R.S. and Newton, R.R, 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc. Grow-Hill Book Inc, New York.
- Brown, G.G., 1978, *Unit Operation*, Modern Asia Edition, Charles Turtle Co, Tokyo.
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1979, *Process Equipment Design*, Wiley and Sons Inc., New York.
- Burdick, D.L. and Laffler, W.L, (2001), *Petrochemical in NonTechnical Language*, Oklahoma : PennWell Corporation.
- Coulson, J.M. and Richarsond J.F., 1985, *An Introduction to Chemical Engineering Design*, Volume 6, Pergamon Press, Oxford.
- Foust, A.S, 1980, *Principle of Unit Operation*, 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Kern, D.Q, 1965, *Process Heat Transfer*, Mc Graw-Hill Book Co., Tokyo.
- Kirk, K.E and Othmer, V.F., 1978, *Encyclopedia of Chemical Technology*, John Wiley and Sons, New York.

- Levenspiel, O., 1972, *Chemical Reaction Engineering*, John Wiley and Sons, New York.
- Ludwig, E.L, 1984, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant*, Volume 1-3, Gulf Publishing Company, Texas.
- Mc. Cabe, W.L, Smith, J.C and Harriot, P, 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4<sup>th</sup> edition, Mc. Graw-Hill International Student Edition, Singapore.
- Mc. Ketta, J.J and Cunningham, W.A., 1976, *Encyclopedia of Chemical Engineering and Design*, Marcel Dekker Inc., New York.
- Perry, R.H and Green, D.W, 1986, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6<sup>th</sup> edition, Mc Graw-Hill Book Co., New York.
- Peters, M.S and Timmerhaus, K.D, 1980, *Plant Design and Economics for Chemical Engineer*, 3<sup>th</sup> edition, Mc. Graw-Hill International Student Edition, Singapore.
- Rebsdan dan Mayer., (2005), *Ethylene Oxide*, Weinheim : Wilvy-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.
- Severn,W.H., Degler, H.E, Miller, J.C., 1959, *Steam, Air dan Gas Power*, 5<sup>th</sup> edition, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Smith, J.M, and Van Ness, H.C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 5<sup>th</sup> edition, Mc. Graw-Hill Kogakusha Ltd, Tokyo.
- Treybal, R.E., 1980, *Mass Transfer Operation*, Mc. Graw-Hill Kogakusha Ltd, Tokyo.
- Ulrich, G.D., 1978, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Yaws, C.L., 1999, *Thermodynamics and Physical Property Data*, Mc. Graw-Hill Book Co., New York.

[www.ethyleneoxide.com](http://www.ethyleneoxide.com) diakses 18 mei 2016, pk 02.34

[www.icis.com/resources/news/2010/08/02/9380662/us-chemical-profile-ethylene-oxide/](http://www.icis.com/resources/news/2010/08/02/9380662/us-chemical-profile-ethylene-oxide/) diakses 18 agustus 2016, pk 11.11

[www.intratech.us/chemical-markets/ethylene-oxide-market](http://www.intratech.us/chemical-markets/ethylene-oxide-market) diakses 25 mei 2016, pk 01.21