

Prarancangan Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida Menggunakan Proses Dow METEOR dengan Disain Alat Utama Evaporator Ev-101

Lestari¹⁾, Sunarno²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Kimia, ²⁾Dosen Teknik Kimia

Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis

Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam

Pekanbaru, 28293

E-mail: lestari2288@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Ethylene glycol is a colorless, odorless hygroscopic liquid with low volatility and viscosity. Ethylene glycol is used as an antifreeze in motor vehicle fluids, polyester fibers for clothing, filmmaking agents, cooling agents and heat exchangers, water-based formulas, and unsaturated polyesters. The purpose of establishing this ethylene glycol factory is to support efforts to save foreign exchange through import substitution of ethylene glycol, and increase employment, as well as assisting in ethylene glycol industry suppliers. Ethylene glycol factory with a capacity of 200,000 tons/year in Batam, Riau Islands. The ethylene glycol production process is carried out through Dow METEOR which consists of 4 stages, namely the preparation of raw materials, the formation of ethylene glycol, the concentration of ethylene glycol, and the stage of product separation. The main device design is evaporator 1 (EV-101), which is used to concentrate the crude glycol output from the reactor (R-101). Based on the economic analysis of the factory, the ethylene glycol plant is feasible to be established with a Payback Period (PBB) of 2 years, IRR 22.738%, Percent Return on Investment (ROI) of 30.59%, and Break Event Point (BEP) of 60%.

Keywords: Dow METEOR, Ethylene glycol, Evaporator.

1. PENDAHULUAN

Sebagai salah satu negara berkembang, Indonesia memiliki peran penting untuk melakukan pengembangan dalam berbagai bidang, salah satunya di bidang ekonomi yaitu dengan cara membangun sektor industri khususnya industri petrokimia. Kebutuhan produk-produk kimia di Indonesia, belum seluruhnya dapat dihasilkan sendiri. Saat ini Indonesia masih bergantung kepada negara lain dalam pemenuhan bahan baku pada industri kimia. Salah satu bahan kimia yang banyak digunakan adalah etilen glikol.

Berdasarkan Badan Pusat Statistik, kebutuhan akan etilen glikol di Indonesia

pada tahun 2018 adalah 422.027,982 ton, dan diperkirakan pada tahun 2023 akan terus mengalami kenaikan. Pemenuhan kebutuhan etilen glikol dalam negeri hanya dapat dipenuhi oleh PT Polychem Tbk sebesar 35%, sedangkan sisanya harus diimpor dari berbagai negara. Oleh karena itulah, pendirian pabrik etilen glikol dapat direalisasikan karena memiliki prospektif dan potensi yang cukup besar. Pendirian pabrik etilenglikol diharapkan mampu mendukung upaya penghematan devisa negara melalui substitusi impor etilen glikol, meningkatkan lapangan pekerjaan, serta membantu industri-industri lain berbahan

baku etilen glikol dengan cara menjadi industri pemasok etilen glikol.

2. BAHAN BAKU DAN PRODUK

2.1 Bahan Baku

2.1.1 Etilen Oksida

Etilen oksida merupakan senyawa simpel eter siklik berupa gas atau cairan yang tidak berwarna yang berbau manis. Bahan baku etilen oksida diperoleh dengan melakukan impor dari PT. Shell Jurong Island dari Singapore. Spesifikasi dari etilen oksida ditunjukkan oleh Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Spesifikasi Etilen Oksida

Spesifikasi	Keterangan
Nama komponen	Etilen Oksida
Berat molekul	44,05 g/mol
Kemurnian	99%
Titik Beku	111,7°C
Titik Nyala	<-18°C

(Sumber : Kirk & Othmer : 2004)

2.1.2 Air (H₂O)

Air adalah substansi kimia dengan satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Adapun spesifikasi air dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Spesifikasi Air

Spesifikasi	Keterangan
Nama komponen	Air
Berat molekul	18,01528 g/mol
Kemurnian	100 %
Titik Didih	100°C
Titik Lebur	0°C

(Sumber : Kirk & Othmer : 2004)

2.2 Produk

2.2.1 Monoetilen Glikol

Monoetilen glikol merupakan senyawa glikol yang memiliki ikatan tunggal yang berfungsi sebagai antibeku

dan berperan sebagai cairan penukar panas. Spesifikasi dari monoetilen glikol ditunjukkan oleh Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.3 Spesifikasi Monoetilen Glikol

Spesifikasi	Keterangan
Nama komponen	Monoetilen glikol
Berat molekul	62,07 g/mol
Bentuk	Cair
Viskositas	19,83
Titik beku	-13°C
Titik Didih	197,6°C
Titik kritis	372°C

(Sumber : Pubchem)

2.2.2 Dietilen Glikol

Dietilen glikol merupakan bentuk polimer dari monoetilen glikol yang memiliki ikatan rantai ganda. Spesifikasi dari dietilen glikol ditunjukkan oleh Tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Spesifikasi Dietilen Glikol

Spesifikasi	Keterangan
Nama komponen	Dietilen glikol
Berat molekul	106,12 g/mol
Bentuk	Cair
Titik Kritis	681,04°C
Titik beku	-6,5°C
Titik Didih	245,8°C

(Sumber : Pubchem)

2.2.3 Trietilen Glikol

Trietilen glikol merupakan senyawa glikol yang memiliki ikatan rantai ganda. Spesifikasi dari trietilen glikol ditunjukkan oleh Tabel 2.5 berikut ini:

Tabel 2.5 Spesifikasi Trietilen Glikol

Spesifikasi	Keterangan
Nama komponen	Trietilen glikol
Berat molekul	150,17 g/mol
Titik Kritis	712,32°C
Titik beku	-4,3°C
Titik Didih	288°C

(Sumber : Pubchem)

3. DESKRIPSI PROSES

Proses pembuatan etilen glikol dari etilen oksida dan air dengan proses Dow METEOR terdiri dari 4 tahap, yaitu persiapan bahan baku, pembentukan etilen glikol, pemekatan etilen glikol dan pemisahan produk.

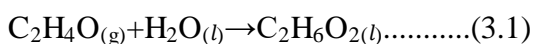
3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Persiapan bahan baku merupakan proses preparasi awal yang dilakukan oleh unit utilitas. Unit utilitas menyediakan bahan baku yang digunakan untuk reaksi secara keseluruhan seperti air, etilen oksida, *cooling water*, dan *steam*. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan etilen glikol ini adalah etilen oksida dan air. Gas etilen oksida yang digunakan didapat dari Pabrik Shell Jurong Island yang disimpan pada tangki penyimpanan TK-101. Sebelum masuk ke reaktor, etilen oksida dipanaskan terlebih dahulu menggunakan E-101 sehingga suhunya naik menjadi 190°C. Air dari tangki penyimpanan TK-102 juga dipanaskan terlebih dahulu menggunakan E-102 sebelum masuk ke reaktor.

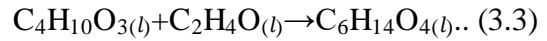
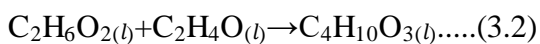
3.2 Tahap Pembentukan Etilen Glikol

Pada tahap pembentukan etilen glikol, etilen oksida direaksikan dengan air di dalam sebuah reaktor CSTR dengan perbandingan molar rasio air dan etilen oksida yaitu 22:1. Kondisi operasi pada temperatur 190°C dan tekanan 20 bar. Reaksi ini dilakukan tanpa katalis dengan produk utama monoetilen glikol dan produk samping dietilen glikol dan trietilen glikol. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.

Reaksi utama:



Reaksi Samping:



Keluaran reaktor berupa *crude* etilen glikol dan air berlebih yang tidak terkonversi. Selanjutnya keluaran reaktor diumpankan ke evaporator yang merupakan tahap pemekatan glikol.

3.3 Tahap Pemekatan Glikol

Sistem pemekatan glikol terdiri dari 4 tahap pemekatan yaitu 3 tahap evaporator (*triple effect evaporator*) yang bertujuan untuk mengurangi kadar air sehingga konsentrasi glikol meningkat menjadi 90% berat, dan 1 tahap evaporator vakum (EV-104) yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dari 10% menjadi 0,1% berat.

3.4 Tahap Pemisahan Produk

Pada proses pemisahan produk, *crude* etilen glikol diumpankan ke distilasi DC-101 untuk memisahkan produk utama berupa monoetilen glikol dari produk samping berupa dietilen glikol dan trietilen glikol. Monoetilen glikol sebagai fraksi yang paling ringan menguap ke bagian puncak kolom dan keluar dari *head* pada suhu 134°C. Sedangkan di bagian *bottom* merupakan produk samping berupa dietilen glikol dan trietilen glikol yang selanjutnya akan dipisahkan di kolom distilasi DC-102.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Disain Alat Utama Evaporator (EV-101)

Evaporator (EV-101) berfungsi untuk memekatkan *crude glycol* keluaran dari reaktor (R-101).

Perancangan evaporator dilakukan atas beberapa tahapan yakni:

1. Penentuan bahan konstruksi.
2. Menentukan dimensi dan perancangan shell and tube.
3. Perancangan pemisah uap (*deflector*).
4. Perancangan *flange* pada sambungan *head* dengan *shell*.
5. Perancangan perpipaan dan *nozzle*.

6. Perancangan penyangga evaporator.
7. Perancangan Pondasi.

Adapun hasil perancangan evaporator (EV-101) didapatkan spesifikasi alat yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

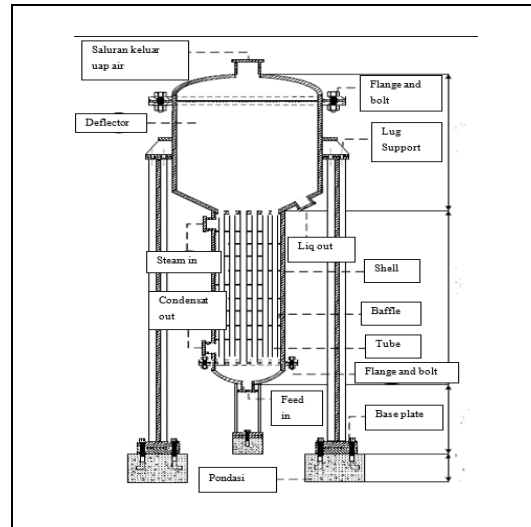
Tabel 4.1 Spesifikasi Evaporator

Evaporator EV-101	
Fungsi	Memekatkan crude glycol keluaran reaktor
Material	SA-167 Grade 11 Type 316
Total Umpan Masuk	158402,6 kg/jam
Tekanan Kerja	29,875 psi
Tekanan Disain	47,1 psi
Temperatur	244,74°C
Densitas Campuran	4337 kg/m ³

Data hasil perancangan shell	
Diameter dalam (ID)	40 in
Diameter luar (OD)	39,50 in
Tebal Shell (t_s)	0,215 in
Tebal head (t_h)	1,75 in
Depth of dish (B)	6,7 in
Tinggi head (OA)	11,45 in
Tinggi shell (H_L)	408,151 in
Tinggi cairan di shell ($H_{L,s}$)	0,18 m

Data hasil perancangan deflector (pemisah uap)	
Diameter dalam (ID)	40 in
Diameter luar (OD)	39,50 in
Tebal Shell (t_s)	0,25 in
Tebal head (t_h)	1,75 in
Depth of dish (B)	6,7 in
Tinggi head (OA)	11,45 in
Tinggi deflector (Hd)	0,9 m

Adapun bentuk dari evaporator (EV-101) dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1 Detail Evaporator (EV-101)

Spesifikasi dari alat mekanis evaporator yakni berupa *flange* sambungan *head* dan *shell*, penyangga evaporator dan pondasi dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4.2 Spesifikasi Alat Mekanis

flange sambungan head and shell	
Tekanan Disain	47,1 psi
Temperatur Disain	190°C
OD shell	40 in
ID shell	39,50 in
Tebal shell	0,25 in
Material Flange	ASTM-201, Grade B
Material gasket	Asbestos composition
Material Bolt	ASTM-193 Grade B7
Nilai Tegangan	15000 psi
Material Flange	
Nilai Tegangan	20000 psi
Material Bolt	
Data hasil perhitungan	
Diameter luar gasket (d_o)	40,02 in
Diameter dalam gasket (d_i)	40 in
Diameter gasket rata-rata (G)	40,1875 in
Luas baut minimum (A_{m1})	2,99 in ²
Ukuran baut (N)	0,75 in
Bolt circle diameter (C)	44,78 in
Diameter luar flange (OD_{flange})	487,156 in
Koreksi lebar gasket ($A_{b actual}$)	3,624 in ²
Lebar gasket minimum (N_{min})	0,044 in

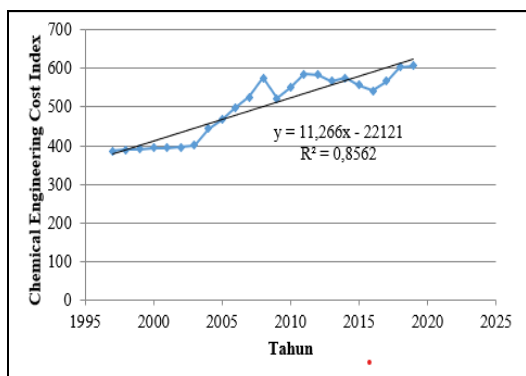
Jumlah baut (n_{bolt})	12
Tebal flange (t_{flange})	0,875 in
Penyangga Evaporator	
Jenis Penyangga	13,12 ft
Diameter Lingkaran Baut	94,2 in
Lebar Base Plate	0,75 in
Ketebalan Base Ring	0,5 in
Pondasi	
Tinggi Pondasi	30 in
Volume Pondasi	191,55 ft ³
Berat Total yang diterima oleh Tanah	121.572,73 lb

4.2 Analisa Kelayakan Ekonomi

Analisa ekonomi sangat diperlukan dalam prarancangan pabrik yang bertujuan untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi dari suatu pabrik.

4.2.1 Penaksiran Biaya Peralatan

Biaya peralatan pada pendirian pabrik ditentukan dengan menggunakan indeks harga CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Index*). Untuk mengetahui indeks harga pada tahun 2025, digunakan metode regresi linear, pada regresi ini diplotkan data nilai cost indeks dari tahun 1997-2025 ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Metode Regresi Linear

Dengan menggunakan metode linier dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$y = 11,266x - 22121$$

Dengan memasukkan nilai x , sehingga diperoleh total harga peralatan sebesar Rp121.094.717.511.

4.2.2 Total Capital Investment (TCI)

Untuk memperkirakan modal investasi tetap digunakan persentase dari Tabel 6.3 *typical percentages of fixed-capital investment values for direct and indirect cost segments for multipurpose or large additions to existing facilities* (Peters dkk, 2003) dan diperoleh besarnya FCI Rp.659.597.661.296. WCI adalah jumlah biaya yang harus dikeluarkan setelah pabrik berdiri dan mulai beroperasi, seperti listrik, gaji karyawan, dana sosial dan sebagainya. Pada industri kimia perhitungan WCI yaitu 10-20 % dari total *capital investment*. Besarnya WCI pada pabrik ini adalah 15% dari *Total Capital Investment* (TCI) sebesar Rp116.399.587.288. Sehingga diperoleh TCI sebesar Rp775.997.248.584.

4.2.3 Analisis Profitabilitas

Dari data hasil penjualan produk dan total *production cost* akan menghasilkan laba kotor yang dihasilkan pada pabrik ini yaitu sebesar Rp 3.164.272.826.123. Adapun parameter yang digunakan untuk mengetahui kelayakan dari suatu pabrik adalah dengan analisis profitabilitas, antara lain :

a. Percent Return On Investment

Return on investment (ROI) merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap (*fixed capital investment*) yang diinvestasikan. Adapun ROI yang diperoleh pada pabrik etilen glikol ini setelah pajak sebesar 30,59%.

b. Pay Out Time

Pay out time (POT) adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan dilakukan dengan membagi *capital investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi. Adapun *Pay out time* pada pabrik etilen glikol ini yaitu selama 2,43 tahun.

c. *Shut Down Point*

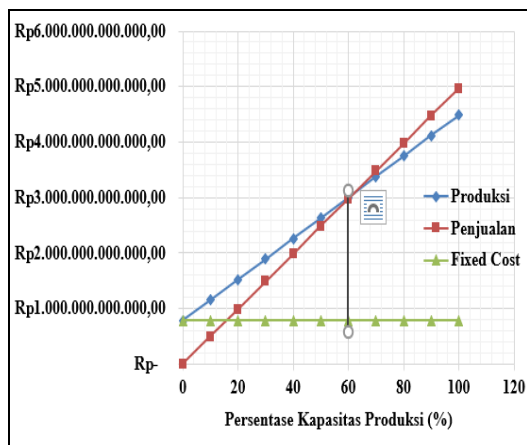
Shut down point (SDP) merupakan titik penentuan suatu aktifitas produksi dihentikan. Adapun *shut down point* pada pabrik ini sebesar 0,23%.

d. *Total Production Cost* (TPC)

Total Production Cost pada pabrik etilen glikol ini yaitu sebesar Rp 4.487.453.493.525.

e. *Break Event Point*

Break Event Point (BEP) merupakan kondisi dimana jika pabrik berhasil menjual sebagian produk dari kapasitas produknya, pabrik tidak mendapat keuntungan maupun kerugian. Pada pendirian pabrik ini pabrik akan mengalami keuntungan setelah pabrik memiliki kapasitas produksi diatas 60%, karena BEP diperoleh pada titik tersebut.



Gambar 4.3 Grafik *Break Event Point*

5. KESIMPULAN

Prarancangan pabrik etilen glikol daei etilen oksida dengan proses Dow METEOR dengan kapasitas 200.000 ton/tahun ini akan direncanakan di Batam, Provinsi Kepulauan Riau. Bahan baku utama yang digunakan dalam produksi etilen glikol yaitu etilen oksida dan air.

Dari jurnal ini, dapat disimpulkan bahwa. disain alat utama berupa evaporator (EV-101) yang berfungsi untuk memekatkan *crude glycol* keluaran reaktor (R-101).

Berdasarkan hasil analisis kelayakan ekonomi pabrik, pabrik etilen glikol ini layak didirikan dengan *Payback Periode* (PBB) diperoleh sebesar 2 tahun, IRR sebesar 22,738%, *Percent Return On Investment* (ROI) diperoleh sebesar 30,59%, dan *Break Event Point* (BEP) diperoleh sebesar 60%.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpa, J.,& Onuorah, P. (2018). Simulation and control of a reactor for the noncatalytic hydrolysis of ethylene oxide to ethylene glycol. *Mathematical Theory and Modeling*, 8(2), 23–45.
- Badan Pusat Statistik, 2019. Statistik Perdagangan luar negeri jilid 1. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Brown, G. G., 1950, *Unit Operations, Modern Asia Edition*, New York, John Wiley and Sons, Inc.
- Brownell, L. E. and Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*, New York, John Willey & Sons.
- Corporation, M. (2017). Sparging/Gas-Liquid Contacting Design Guide & Part Selection SURFACE AREA – The Critical Variable Precision Porous Metal Media Materials of Construction Sparging Media Grades. *Mott Corp.* www.mottcorp.com.
- Coulson, J. M. and Richardson, J. F., (1999). *Chemical Engineering Design*, New York, Pergamon Press Inc.
- Fogler, H. S. (1999). *Element of Chemical Reaction Engineering*, London, Prentice Hall International.
- Froment, F. Gilbert dan Bischoff, B. Kenneth. (2010). *Chemical Reactor Analysis and Design*, United States

- of Amerika, John Wiley & Sons, Inc.
- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations, 3rd Edition*, London, Prentice Hall International.
- Joshi, M. V. (1981). *Process Equipment Design*, India, McGraw Hill Indian Ltd.
- Kern, D. Q. (1983). *Process Heat Transfer*, New York, McGraw-Hill.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F. 2004. Encyclopedia of Chemical Technology 4 rd ed. Vol. 12. The Inter Science Encyclopedia. Inc. New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F. 2004. Encyclopedia of Chemical Technology 4 rd ed. Vol. 09. The Inter Science Encyclopedia. Inc. New York.
- Levenspiel, O. (1976). *Chemical Reaction Engineering*, 2nd ed., New York, John Wiley and Sons, inc.
- Metcalf and Eddy. (1991). *Waste Water and Engineering*, 3rd ed., Singapore, Mc Graw Hill International Engineering.
- Megyesy E. F. (1983). *Pressure Vessel Handbook*, USA, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1983, Perry's Chemical Engineering Handbook, 6th ed., Mc Graw Hill International Book Co., Singapore.
- Peter, M.S., K.D. Timmerhaus. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Fourth Edition. McGraw-Hill Companies*, New York.
- Peter, M.S., K.D. Timmerhaus., dan R.E. West. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Fifth Edition. McGraw-Hill Companies*, New York.
- PubChem. (2005). Aluminium Sulfat. 02 Desember, 2020. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Aluminiumsulfat>.
- PubChem. (2005). Natrium Karbonat. 02 Desember, 2020. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Natriumkarbonat>.
- Rebsdatt et al. 1982. Process For The Manufacture Of Extremely Pure Monoethylene Glycol. US.Pat. 4,349,417.
- Rivai, H. 1995. *Asas Pemeriksaan Kimia*. Jakarta : UI-Press.
- Ullman, 1989, Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A-16, Interscience Encyclopedia, Inc., New York.
- Ulrich, G.D. (1984). *A Guide To Chemical Engineering Process Design and Economics*, Canada, John Wiley and Sons Inc,
- Walas, M. S. (1988). *Chemical Process Equipment Selection and Design*, 3rd edition London, Betterworth-Heinemann.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals*, New York, McGraw-Hill.