

# PRARANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DENGAN PROSES DOW METEOR

Irma Damayanti<sup>1)</sup>, Sunarno<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Kimia, <sup>2)</sup>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: [irma.damayanti1836@student.unri.ac.id](mailto:irma.damayanti1836@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Ethylene glycol is a hygroscopic liquid with low volatility. Ethylene glycol is colorless, odorless, has a low viscosity. Ethylene glycol is used as a polyester resin for fibers, a film-making agent, an antifreeze and coolant agent, a heat exchange agent, a water-based formula, and an unsaturated polyester. The purpose of establishing an ethylene glycol factory is expected to be able to support efforts to save the country's foreign exchange through import substitution of ethylene glycol, and increase employment. Ethylene glycol factory with a capacity of 200,000 tons / year in Batam, Riau Islands. The ethylene glycol production process is carried out through the Dow METEOR process which consists of 4 stages, namely the standard discussion stage, the ethylene glycol formation stage, the ethylene glycol concentration stage, and the product separation stage. The main design is the CSTR reactor, which is used to react ethylene oxide with water to form ethylene glycol with the by-products of diethylene glycol and triethylene glycol. Based on the results of the economic feasibility analysis of the factory, the ethylene glycol plant is feasible to establish with a Payback Period (PBB) obtained of 2 years, an IRR of 22.738%, a Percent Return on Investment (ROI) is 30.59%, and a Break Event Point (BEP) is obtained by 60%.*

**Keywords:** Ethylene glycol, dow meteor, cstr reactor

## 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.

Sekitar 42% dari etilen glikol yang diproduksi digunakan sebagai anti-beku pada cairan pendingin kendaraan bermotor. Sejalan dengan kebutuhan anti-beku, kebutuhan poliester juga meningkat. Serat poliester mengkonsumsi 27% etilen glikol yang diproduksi, yang akan digunakan sebagai serat pengisi bantal, sofa, bahan pakaian, dan lain-lain. Botol dan material kemasan lain dari polietilen tereftalat (PET) mengkonsumsi 12,5%, dan serat film PET mengkonsumsi 6% yang dapat digunakan untuk pembuatan video, audio, dan tape komputer. Resin

PET dan industri lain mengkonsumsi 12,5% dari etilen glikol yang tersisa (Kirk-Othmer, 2007).

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 etilenglikol 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 BAHAN PENUNJANG PROSES

### 2.1 Etilen Oksida

Etilen oksida merupakan senyawa eter siklik yang simpel, gas atau cairan yang tidak berwarna yang berbau manis. Senyawa etilen oksida sangat reaktif karena rantai cincin dapat dibuka dengan mudah, untuk 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 Nyala	<-18°C
Titik Beku	111,7°C

(Sumber : Kirk & Othmer : 2004)

### 2.2 Air

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H<sub>2</sub>O: satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Untuk bahan baku air diperoleh dari alam bebas. Spesifikasi dari air ditunjukkan oleh Tabel 2.2 berikut ini:

**Tabel 2.2** Spesifikasi Air

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

(Sumber : Kirk & Othmer : 2004)

### 2.3 Aluminium Sulfat

Pada proses produksi etilen glikol ini, akan digunakan Aluminium Sulfat sebagai bahan untuk proses pengolahan limbah. Spesifikasi dari aluminium sulfat ditunjukkan oleh Tabel 2.3 berikut ini:

**Tabel 2.3** Spesifikasi Aluminium Sulfat

Spesifikasi	Keterangan
Nama bahan	Aluminium Sulfat
Berat molekul	342,2 g/mol
Bentuk	Granule
Kemurnian	97%
Warna	Putih
Komponen	Aluminium
	Asam Sulfat

(Sumber : Pubchem)

### 2.4 Natrium Karbonat

Natrium karbonat adalah garam natrium dari asam karbonat yang mudah larut dalam air. Natrium karbonat murni berwarna putih, bubuk tanpa warna yang menyerap embun dari udara,

punya rasa alkalin/pahit, dan membentuk larutan alkali yang kuat. Spesifikasi dari natrium karbonat ditunjukkan oleh Tabel 2.4 berikut ini:

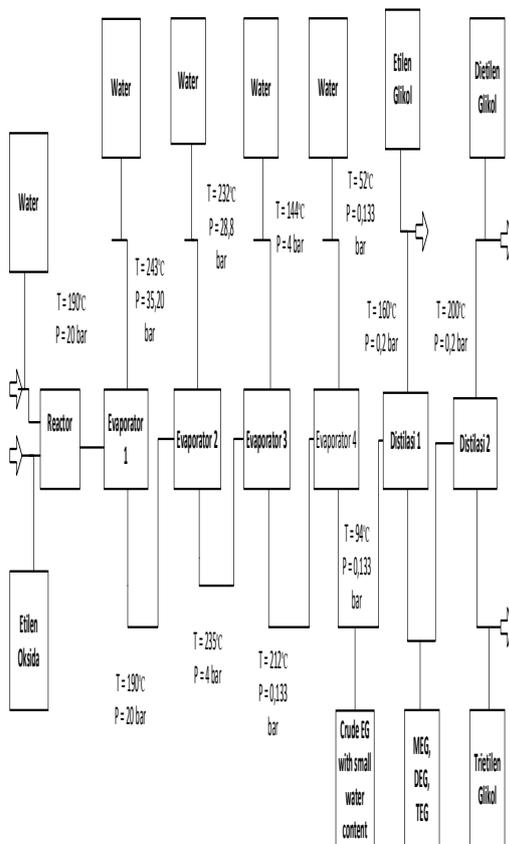
**Tabel 2.4** Spesifikasi Natrium Karbonat

Spesifikasi	Keterangan
Nama komponen	Natrium Karbonat
Berat molekul	105,98 g/mol
Bentuk	Bubuk
Warna	Putih
Titik Didih	1.600°C
Titik Lebur	851°C

(Sumber : Pubchem)

### 3. DESKRIPSI PROSES

Proses pembuatan etilen glikol dari etilen oksida dan air dengan proses Dow METEOR terdiri dari 4 tahap, adapun blok diagram proses pembuatan etilen glikol ditampilkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Block Flow Diagram dari Pembuatan Etilen Glikol

### 3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Sistem preparasi dilakukan oleh unit utilitas. Unit utilitas menyediakan bahan baku 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 memproduksi etilen oksida dengan kapasitas 210.000 ton per tahun yang kemudian disimpan pada tangki penyimpanan TK-101. Sebelum masuk ke reaktor, etilen oksida dipanaskan terlebih dahulu menggunakan E-101 sehingga suhunya naik menjadi 190°C. Begitu juga dengan air dari tangki penyimpanan TK-102 yang dipanaskan terlebih dahulu menggunakan E-102 sebelum masuk ke reaktor.

### 3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Sistem preparasi dilakukan oleh unit utilitas. Unit utilitas menyediakan bahan baku 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 memproduksi etilen oksida dengan kapasitas 210.000 ton per tahun yang kemudian disimpan pada tangki penyimpanan TK-101. Sebelum masuk ke reaktor, etilen oksida dipanaskan terlebih dahulu menggunakan E-101 sehingga suhunya naik menjadi 190°C. Begitu juga dengan air dari tangki penyimpanan TK-102 yang dipanaskan terlebih dahulu menggunakan E-102 sebelum masuk ke reaktor.

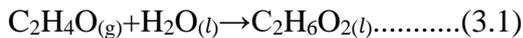
### 3.2 Tahap Pembentukan Etilen Glikol

Etilen glikol dihasilkan dengan cara hidrasi tanpa katalis dari etilen oksida dalam media air berlebih.

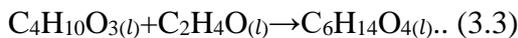
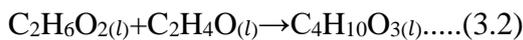
Setelah reaksi berlangsung sempurna, glikol dipisahkan dari kelebihan air dan kemudian diproses lebih lanjut menjadi monoetilen glikol (MEG), dietilen glikol (DEG), dan trietilen glikol (TEG) sebagai derivatifnya.

Pada tahap ini 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 dehidrasi.

### 3.3 Tahap Pemekatan Glikol

Sistem pemekatan glikol terdiri dari 4 tahap pemekatan yaitu 3 tahap evaporator yang bertujuan untuk mengurangi kadar air sehingga konsentrasi glikol meningkat menjadi 90% berat, dan 1 tahap evaporator vakum yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dari 10% menjadi 0,1% berat.

Keluaran reaktor R-101 yang mengandung 13,7% berat glikol pada temperatur 190°C diumpankan ke *first effect evaporator* (EV-101). Uap yang keluar dari EV-101 sebagai produk atas dengan temperatur 243°C digunakan sebagai sumber panas untuk *second effect evaporator* (EV-102). Sedangkan

produk bawah EV-101 yang mengandung 19,1% berat glikol diumpankan ke evaporator EV-102. Selanjutnya uap yang keluar dari EV-102 sebagai produk atas dengan temperatur 232°C digunakan sebagai sumber panas untuk *third effect evaporator* (EV-103). Sedangkan produk bawah EV-101 yang mengandung 31,5% berat glikol diumpankan ke evaporator EV-103.

Pada EV-103, uap air yang keluar sebagai produk atas dengan temperatur 144°C *direct cycle* yang nantinya akan digunakan kembali sebagai air umpan reaktor. Sedangkan produk bawah EV-103 yang mengandung kadar air sebesar 10% berat diumpankan ke evaporator vakum EV-104.

### 3.4 Tahap Pemisahan Produk

Setelah air dipisahkan, *crude* etilen glikol diumpankan ke tahap distilasi etilen glikol untuk memisahkan produk utama berupa monoetilen glikol dari produk samping berupa dietilen glikol dan trietilen glikol. *Crude* etilen glikol dengan kadar air 0,1% berat ini difraksinasi dalam kolom distilasi DC-101. Monoetilen glikol sebagai fraksi yang paling ringan menguap ke bagian puncak kolom dan keluar dari *head* pada suhu 134°C. Sedangkan di bagian bottom didapat 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 Reaktor CSTR (R-101)

Reaktor CSTR berfungsi untuk meraksikan etilen oksida dan air dengan cara hidrasi tanpa katalis dari etilen oksida dalam media air berlebih. Perancangan reaktor CSTR dilakukan atas beberapa tahapan yakni:

1. Penentuan volume reaktor.
2. Menentukan dimensi reaktor.

3. Menentukan pengaduk dan perancangan pengaduk.
4. Menentukan pendingin dan perancangan pendingin.
5. Merancang *sparger*.
6. Perancangan *flange* pada sambungan *head* dengan *shell*.
7. Perancangan perpipaan dan *nozzle*.
8. Menentukan *manhole*.
9. Menentukan tebal isolator.
10. Perancangan penyangga reaktor.
11. Perancangan Pondasi.

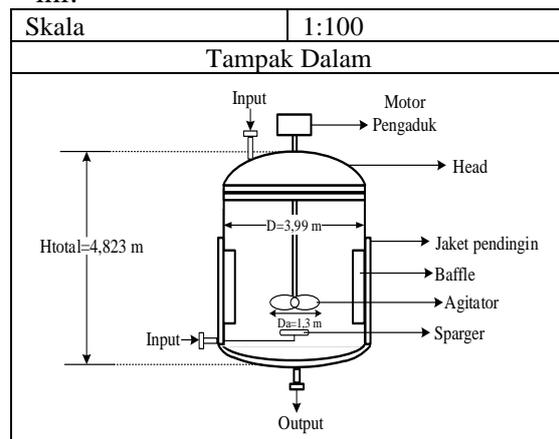
Adapun hasil perancangan reaktor CSTR (R-101) didapatkan spesifikasi alat yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Spesifikasi Reaktor CSTR

REAKTOR	
Reaktor Etilen Glikol	R-101
Jenis Reaktor	<i>Continuous Flow Stirred-Tank Reactor (CSTR)</i>
Fungsi	Mereaksikan etilen oksida dan air
Temperatur	190°C
Volume	50,2308 m <sup>3</sup>
Waktu Tinggal	1,24 jam
Faktor Keamanan	10%
Jenis	Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>elliptical flanged dished head</i>
Material	<i>Stainless steel SA-167 grade II type 316</i>
Tegangan diizinkan, (f)	18.750 psi
Efisiensi Sambungan (E)	0,8
Faktor Korosi (C)	0,125 in
Diamter Dalam (ID)	13,12 ft
Diameter Luar (OD)	14 ft
Tinggi (H)	13,12 ft
Tebal <i>Shell</i> (ts)	0,167 ft
Tekanan <i>Design</i>	22,379 bar
Head Reaktor	
Jenis	<i>Elliptical Flanged Dished Head</i>
Tebal <i>Head</i> (th)	0,156 ft
Sf	0,125 ft
Icr	0,844 ft
Tinggi <i>head</i> (OA)	2,703 ft

Impeller	
Jenis	<i>Three Blade Propeller Agitator</i>
Diameter Pengaduk	4,373 ft
Lebar Pengaduk (W)	0,88 ft
Panjang Daun Pengaduk (L)	1,4167 ft
Tinggi Dasar Tangki ke Pengaduk (C)	4,4 ft
Lebar <i>Baffle</i> (J)	7,39 ft
Kecepatan Pengadukan	1 rps
Power Motor	1.026,59 watt
Jumlah <i>Impeller</i>	1 buah
Tinggi Total Tangki	15,83 ft
Cooling Jacket	
Laju Alir Pendingin	3.826,56 m <sup>3</sup> /jam
Tebal Jacket	0,03125 ft
Tinggi Jacket	11,67 ft
Diameter Luar Jacket	14,895 ft
Laju Alir Pendingin	3.826,56 m <sup>3</sup> /jam

Adapun bentuk dari reaktor cstr dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini:



**Gambar 4.1** Detail Reaktor CSTR

Spesifikasi dari alat mekanis reaktor cstr yakni berupa *flange* sambungan *head* dan *shell*, ukuran pipa dan *nozzle*, *manhole*, penyangga reaktor, dan Pondasi dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini:

**Tabel 4.2** Spesifikasi Alat Mekanis

Flange Sambungan Head dan Shell	
Jenis <i>Flange</i>	<i>Slip-on Flanges</i>
Diameter Pengaduk (d)	4,373 ft
Material <i>Flange</i>	<i>SA 283 Grade C</i>
Tegangan Material	20.000 psi

<i>Flange</i>		
Diameter Luar	Flange (A)	14,59 ft
Diameter Dalam	Flange (B)	14,12 ft
Tebal <i>Flange</i>		0,167 ft
Material Gasket		<i>Soft Steel</i>
Lebar Gasket		0,167 ft
Diameter Gasket		15,071 ft
Material Baut		SA 193 <i>Grade B7</i>
Tegangan dari	Material Baut	18.750 psi
Ukuran Baut		0,25 ft
Jumlah Baut		15,07130 buah
<b>Ukuran Pipa dan Nozzle</b>		
Saluran Umpan Oksida	Masuk Etilen	1 in
Saluran Umpan Air	Masuk	6 in
Saluran Produk	Keluaran	1 in
Saluran Pendingin	Air	1,5 in
Pengaduk		4 in
<b>Manhole</b>		
Ukuran <i>Manhole</i>		1,67 ft
Tebal <i>Flange</i>		0,125 ft
Panjang Sisi		3,54167 ft
Lebar <i>Reinforcement</i>		4,083 ft
Diameter <i>Manhole</i>		1,67 ft
Diameter Lubang		2,25 ft
Diameter Plat Penutup		2,3958 ft
Diameter Bolt Circle		2,1875 ft
Jumlah		1 buah
<b>Penyangga Reaktor</b>		
Jenis Penyangga		13,12 ft
Diameter Luar Skirt		0,156 ft
Tebal Skirt		0,25 ft
Ukuran Baut		0,1 ft
Lebar Base Ring		0,133 ft
Ketebalan Base Ring		13,12 ft
Pengaduk		4 in
<b>Pondasi</b>		
Tinggi Pondasi		2,5 ft
Volume Pondasi		1.063,5127 ft <sup>3</sup>
Berat Total yang diterima oleh Tanah		213.327,7572 kg

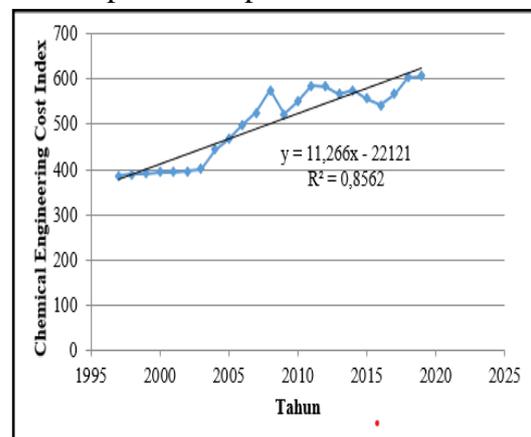
## 4.2 Analisa Kelayakan Ekonomi

Dalam prarancangan pabrik diperlukan Analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi dari suatu pabrik,

dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya keuntungan yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadi titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh.

### 4.2.1 Penaksiran Biaya Peralatan

Harga peralatan pada tahun 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 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Metode Regresi Linear

Berdasarkan metode linier dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

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

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

### 4.2.2 Total Capital Investment (TCI)

*Total capital investment* terdiri dari biaya pendirian pabrik (*Fixed Capital Investment*) dan biaya pengoperasian pabrik pada jangka waktu tertentu (*Working Capital Investment*). 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 TCI sebesar Rp116.399.587.288. Maka diperoleh TCI sebesar Rp775.997.248.584.

#### 4.2.3 Analisis Profitabilitas

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

##### a. Percent Return On Investment

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

##### b. Pay Out Time (POT)

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

##### c. Shut Down Point (SDP)

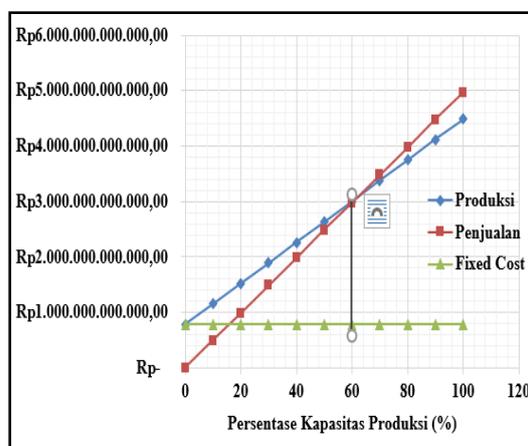
*Shut down point* adalah titik atau saat penentuan suatu aktifitas produksi dihentikan. *Shut down point* pada pabrik ini sebesar 0,23%.

##### d. Total Production Cost (TPC)

TPC (*Total Production Cost*) pada pabrik etilen glikol ini adalah sebesar Rp 4.487.453.493.525.

##### e. Break Event Point (BEP)

BEP adalah kondisi dimana jika pabrik berhasil menjual sebagian produk dari kapasitas produksinya, pabrik tidak mendapat keuntungan maupun kerugian. Pada pendirian pabrik ini pabrik akan mengalami keuntungan setelah pabrik memiliki kapasitas produksi diatas 59%, 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 reaktor CSTR (R-101) yang berfungsi untuk mereaksikan etilen oksida dan air dengan proses Dow METEOR menjadi etilen glikol dengan produk samping berupa dietilen glikol dan trietilen glikol.

Berdasarkan hasil analisis kelayakan ekonomi pabrik, pabrik etilen glikol 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 Wiley & 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 America, 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, McGraw 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., McGraw 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>.
- Rebsdats 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, Butterworth-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.