

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan industri kimia di Indonesia, mempunyai peranan yang cukup penting dalam meningkatkan perekonomian negara. Dengan adanya pembangunan industri kimia, maka potensi sumber daya alam yang tersedia di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk mengurangi ketergantungan kita terhadap negara lain, dan juga dapat memperbanyak lapangan pekerjaan untuk menunjang pembangunan nasional.

Salah satu industri kimia yang perlu dikembangkan sekarang ini adalah Industri Etilen Glikol. Etilen glikol merupakan komoditas bahan kimia yang cukup potensial untuk diproduksi di Indonesia. Hal ini disebabkan karena Indonesia masih mengimpor etilen glikol dari luar negeri, seperti Jepang, Kanada, Inggris, Belanda, dan Amerika Serikat, sedangkan kebutuhan industri di Indonesia yang menggunakan etilen glikol untuk produksinya terus meningkat dari tahun ke tahun terutama kebutuhan sandang. Hal ini dapat dilihat dari data impor bahan kimia organik Biro Pusat Statistik. Produk ini digunakan untuk berbagai aplikasi industri, antara lain *polyester fiber*, *polyester resin*, *anti-freeze*, *nonionic surfactant*, *ethanolamine*, *aircraft deicing fluid*, *cooling agent*, bahan peledak, serta industri lainnya (US Patent 0072727 A1, 2013). Pelanggan utama produk etilen glikol adalah produsen serat sintesis dan industri *polyester terephthalate* (PET) resin.

Berkembangnya industri etilen glikol ini dapat diharapkan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi etilen glikol di Indonesia, meningkatkan devisa negara dengan nilai ekspor yang tinggi, dan meningkatkan pendapatan pajak negara. Selain itu dengan banyak didirikannya pabrik etilen glikol ini dapat mendorong industri lain yang menggunakan etilen glikol sebagai bahan pokok atau sebagai bahan pelengkap.

Berdasarkan pada kegunaan produk etilen glikol di Indonesia, konsumsi etilen glikol nasional cenderung menaik dari tahun ke tahun. Pada tahun 2014 jumlah konsumsi etilen glikol Indonesia mencapai 633.995 ton/tahun. Jumlah

kebutuhan ini dipenuhi oleh PT. Polychem Tbk yang memproduksi etilen glikol sebanyak 216.000 ton/tahun. Akan tetapi, pemenuhan kebutuhan etilen glikol di Indonesia oleh PT. Polychem Indo Tbk. hanya mampu memenuhi sekitar 50-55% per tahunnya (PT. Polychem Indonesia Tbk., 2016). Sedangkan kekurangan dari kebutuhan etilen glikol di Indonesia dipenuhi dengan melakukan impor dari beberapa Negara. Hal tersebut menyebabkan kebutuhan akan etilen glikol harus dibantu dengan mengimpor dari beberapa negara seperti Singapura (Shell Chemical), Korea Selatan (Lotte Chemical), dan Arab Saudi (Petro Rabigh) (Jenkins., 2015).

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

### **1.1.1 Sejarah dan Perkembangan**

Etilen glikol ( $C_2H_6O_2$ ) atau 1,2 etanediol sebagai nama IUPAC memiliki rumus molekul  $HOCH_2CH_2OH$ . Etilen glikol atau yang disingkat EG atau etanediol merupakan nama dagang yang digunakan di Indonesia. Etilen glikol adalah glikol yang memiliki senyawa diol yang sederhana, senyawa diol merupakan senyawa yang memiliki gugus hidroksil atau (OH), senyawa ini ditemukan pertama kali oleh Wurtz pada tahun 1859, dengan mereaksikan dari 1,2 dibromoetan dengan perak asetat menghasilkan etilen glikol diasetat kemudian etilen glikol diasetat dilanjutkan dengan menggunakan proses hidrolisis menjadi produk etilen glikol. Produk Etilen glikol pertama digunakan di suatu industri pada perang dunia ke-I, sebagai produk pada pembuatan bahan peledak (etilen glikol dinitrat). Etilen glikol kemudian dikembangkan kembali menjadi produk utama di suatu industri.

Tahun 1859, pertama kali disiapkan oleh Wurtz di Perancis dengan mereaksikan 1,2-dibromoethane dengan perak asetat menghasilkan etilena glikol

diasetat, yang kemudian dihidrolisis menghasilkan etilen glikol. Namun sudah tidak digunakan secara komersial. Tahun 1953, di Amerika Serikat proses produksi etilen glikol dari etilen oksida dilakukan dengan proses hidrolisis.

### **1.1.2 Alasan Pendirian Pabrik**

Etilen glikol merupakan cairan jenuh, tidak berwarna, tidak berbau, berasa manis dan bisa larut sempurna dalam air. Secara komersial, etilen glikol di Indonesia digunakan sebagai bahan baku industri poliester atau tekstil sebesar 97.34%. Sedangkan sisanya sebesar 2.66% digunakan sebagai bahan baku tambahan pada pembuatan cat, minyak rem, solven, alkil resin, tinta cetak, tinta bolpoint, foam stabilizer, kosmetik, dan bahan anti beku atau (*anti freeze*). Selama ini Indonesia masih mengimpor dari beberapa negara. Penjualan produk etilen glikol sangat berkaitan erat dengan permintaan dari industri poliester domestik dan saat ini di Indonesia adalah pengimpor etilen glikol. Kondisi ini membawa kesempatan besar untuk dilakukan pendirian pabrik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri serta berkompetisi dengan produsen internasional dari Arab Saudi, Amerika Serikat, Jepang, dan Singapura. Industri tekstil mempunyai peluang sangat besar yang cukup baik di pasaran lokal atau interlokal sehingga memungkinkan pendirian industri etilen glikol yang digunakan sebagai bahan bakunya. Dengan pendirian atau perluasan pabrik poliester di mana etilen glikol digunakan sebagai bahan utama, sementara etilen glikol sudah digunakan hampir di seluruh dunia, termasuk di Indonesia.

Ditinjau dari harga bahan baku pembuatan produk etilen glikol dan produk etilen glikol, ternyata harga produk etilen glikol lebih mahal dari harga bahan bakunya. Harga etilen oksida sebagai bahan baku sebesar 0.402 US\$/kg, sedangkan harga produk etilen glikol sebesar 1.51 US\$/kg, dengan rata-rata penggunaan etilen glikol sebesar 0.58 ton dan dapat digunakan untuk memproduksi etilen glikol sebanyak 125.000 ton/tahun, sehingga pendirian pabrik etilen glikol sangat menguntungkan.

Dari beberapa pertimbangan di atas, maka pabrik etilen glikol layak didirikan di Indonesia dengan alasan sebagai berikut:

- a. Pendirian pabrik etilen glikol dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri artinya mengurangi kebutuhan impor sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap Negara-negara lain
- b. Membuka lapangan kerja baru sehingga menurunkan tingkat pengangguran di Indonesia
- c. Membuka peluang bagi pengembangan-pengembangan industri dengan bahan baku etilen glikol, sehingga tercipta diversifikasi produk yang dapat mempunyai nilai ekonomi lebih tinggi.
- d. Semakin banyak minat investor untuk menanamkan modalnya pada industri etilen glikol yang memang sangat menjanjikan keuntungan yang cukup besar.

## **1.2 Maksud dan Tujuan**

### **1.2.1 Maksud**

Kebutuhan etilen glikol di Indonesia masih belum dapat terpenuhi, sehingga untuk menanggulangi nilai kebutuhan etilen glikol di Indonesia serta untuk meningkatkan nilai ekonomis dari etilen glikol dengan biaya yang cukup rendah, dan dibandingkan dengan proses lain maka dirasa perlu mendirikan suatu pabrik pembuatan etilen glikol dengan proses pemurnian sehingga menghasilkan etilen glikol dengan kemurnian 90%.

### **1.2.2 Tujuan**

Tujuan dari rancangan pabrik pembuatan etilen glikol dari etilen oksida dengan proses hidrolisis non katalitik adalah untuk mengaplikasikan ilmu teknik kimia khususnya dibidang perancangan analisa proses produksi dan operasi teknik kimia, supaya dapat memberikan gambaran bagaimana kelayakan perancangan pabrik pembuatan etilen glikol.

Tujuan dari prarancangan pabrik etilen glikol ini adalah :

1. Untuk meningkatkan produksi etilen glikol yang ada di dalam negeri sehingga dapat mengurangi nilai impor.
2. Untuk meningkatkan jumlah produktivitas dalam negeri, dan ekspor.

3. Menerapkan disiplin ilmu teknik kimia di dalam sebuah prarancangan pabrik kimia yaitu pabrik Etilen Glikol

### 1.3 Analisa Pasar

Pada penjualan produk perlu diperhatikan bagaimana letak pabrik dengan pasar yang membutuhkan produk Etilen Glikol tersebut untuk menekan biaya pendistribusian ke lokasi pasar dan juga waktu pengiriman. Produk etilen glikol dengan jenis poliester grade diproduksi terutama untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia. Beberapa pabrik yang menggunakan produk etilen glikol sebagai bahan bakunya kebanyakan terletak di propinsi Banten dan Jawa barat, sedangkan dalam sebagian kecil lainnya di DKI Jakarta dan propinsi Jawa tengah. Banyak pabrik-pabrik yang memanfaatkan etilen glikol dijadikan sebagai bahan bakunya antara lain yaitu pabrik *Polyester Staple Fiber (PSF)*, *Polyester Filament Yarn (PFY)*, dan *Polyester Terephthalat Resin (PET)* digunakan untuk membuat plastik, terutama botol dan kaca film. Produk Etilen glikol juga digunakan sebagai bahan baku *Nylon Filament Yarn (NFY)*, *Nylon Tirecord (NTC)*, cooling agent dan anti freezer.

#### 1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Indonesia mempunyai PT. Chandra Asri yang berlokasi di Cilegon, Banten yang dapat memproduksi etilen oksida dalam jumlah banyak, sehingga untuk bahan baku etilen oksida diperoleh dari PT. Chandra Asri dengan asumsi pabrik tersebut selalu menyediakan etilen untuk pabrik kami. Bahan baku udara didapatkan dari lingkungan. Bahan baku yang di gunakan ini dilakukan dengan sistem kontrak kerja sama. Bahan baku air dapat ambil dari sungai di daerah terdekat yaitu Sungai Cisadane yang berada di Banten.

Dalam membuat Etilen Glikol diperlukan dua bahan baku, yaitu Etilen Oksida dan Air. Etilen Oksida yang digunakan akan diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Center memiliki jumlah kapasitas produksi Etilen Oksida sebesar 522.000 ton/tahun. Sedangkan untuk air, yang akan diambil dari sungai Cisadane yang berada dekat dengan area pabrik. Oleh karena itu, besarnya kapasitas

produksi Etilen Oksida dan Air dapat memenuhi kebutuhan pabrik dalam membuat Etilen Glikol.

### 1.3.2 Kebutuhan Produk

Produsen yang memproduksi etilen glikol di Indonesia sampai saat ini hanya ada satu perusahaan yaitu PT. Polychem Indonesia Tbk. yang memproduksi 216.000 ton/tahun dengan persentase penjualan etilen glikol 81% untuk konsumsi dalam negeri dan 19% untuk diekspor ke Asia dan Amerika Utara. Jumlah ini belum dapat memenuhi semua kebutuhan etilen glikol yang ada di Indonesia sehingga kebutuhan etilen glikol dipenuhi dengan cara mengimpor dari beberapa perusahaan luar negeri.

### 1.4 Penentuan Kapasitas Produksi

Dalam menentukan jumlah kapasitas prarancangan pabrik etilen glikol ini perlu adanya pertimbangan beberapa hal yang diantaranya yaitu jumlah konsumsi dan produksi serta jumlah impor dan ekspor produk etilen glikol di Indonesia. Kebutuhan etilen glikol dari tahun ke tahun selalu mengalami peningkatan.

Kebutuhan etilen glikol di Indonesia dapat dilihat dari jumlah impor yang cenderung naik. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, proyeksi kecenderungan naiknya kebutuhan etilen glikol dapat dilihat dari tabel berikut (BPS, 2015-2019).

Tabel 1.1. Data Impor dan Ekspor Etilen Glikol Di Indonesia

Tahun	Impor (kg/Tahun)	%P	Ekspor (kg/Tahun)	%P
2015	433,951,304		34,033,749	
2016	257,487,461	-40.66%	18,430,886	-45.85%
2017	400,590,044	55.58%	48,916,937	165.41%
2018	422,027,982	5.35%	76,791,315	56.98%

2019	432,047,761	2.37%	43,468,473	-43.39%
Rata-rata		5.66%	Rata-rata	33.29%

(Sumber : Badan Pusat Statistik 2020)

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas} &= (\text{Impor} - \text{Ekspor}) + \text{Jumlah Produk Lokal} \\
 &= ( 517807658.40 - 106112173.60 ) + 216000000.00 \\
 &= 627695484.80 \text{ kg} \\
 &= 627695.5 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kapasitas dari data produksi dalam negeri, import dan ekspor di Indonesia, pabrik Etilen Glikol sebesar 627695.5 ton/tahun. Pabrik Etilen Glikol direncanakan akan didirikan pada tahun 2025, dengan mempertimbangkan peluang dari kebutuhan Negara lain berdasarkan data yang tersedia pada tabel di atas, maka kapasitas pabrik yang direncanakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Y &= 627695.5 \text{ ton} \\
 &= 20 \% \times 627695.5 \\
 &= 125539.1 \text{ ton/tahun atau } 125000 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

### 1.5 Pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik adalah salah satu faktor yang sangat penting dalam proses pendirian suatu industri. Beberapa pertimbangan yang dapat dijadikan dasar penentuan letak pabrik antara lain adalah letak pabrik dengan sumber bahan baku maupun bahan penunjang, transportasi, tenaga kerja, letak pabrik dengan pasar, kondisi suatu sosial politik dan kemungkinan pengembangan-pengembangan di masa yang akan mendatang. Pabrik etilen glikol yang akan didirikan rencanak akan didirikan di Provinsi Banten.

Pemilihan lokasi suatu pabrik akan sangat berpengaruh dalam penentuan kelangsungan produksi dan keberhasilan pabrik. Lokasi pabrik yang tepat, ekonomis serta menguntungkan akan menentukan harga jual produk yang dapat

memberikan keuntungan dalam jangka yang panjang. Sehingga jika pabrik mendapatkan keuntungan yang besar secara terus menerus, maka dapat memperluas pabrik untuk peningkatan jumlah kapasitas produksi. Rencana pembangunan pabrik Etilen Glikol yang akan didirikan di daerah Ciwandan Banten. Pemilihan lokasi ini bertujuan untuk mendapat keuntungan dari segi teknis maupun ekonomis. Ada dua faktor pemilihan lokasi pabrik di Ciwandan sebagai berikut :

a. Faktor utama

1. Bahan baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat dirioritaskan. Bahan baku untuk memproduksi etilen glikol adalah etilen oksida yang direncanakan diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Center yang terletak dikawasan industri cilegon. Sedangkan air diperoleh dari sungai Ciberang. Dengan letak antara pabrik etilen glikol dengan bahan baku yang dekat, maka diharapkan penyediaan bahan baku dapat tercukupi dan lancar.

2. Pemasaran

Pemasaran atau penjualan adalah salah satu faktor penting dalam suatu industri. Berhasil atau tidaknya penjualan merupakan penentuan keuntungan yang didapatkan dari industri tersebut. Selain itu letak pabrik yang strategis serta berdekatan dengan pasar menjadi salah satu pertimbangan yang sangat penting untuk memudahkan konsumen dalam mendapatkan etilen glikol. Dengan prioritas pemasaran yang utama adalah pasar dalam negeri (Indonesia), maka diharapkan hasil penjualan optimal dan sebagian hasil produksi akan diekspor ke luar negeri. Untuk penjualan produk etilen glikol perlu diperhatikan letak pabrik dengan pasar yang membutuhkan produk tersebut untuk menekan biaya pendistribusian ke lokasi pasar dan waktu pengiriman.

Produk etilen glikol jenis poliester grade ditujukan terutama untuk memenuhi kebutuhan yang ada di dalam negeri (Indonesia). Perusahaan yang memanfaatkan atau menggunakan produk etilen glikol sebagai bahan bakunya kebanyakan berada di propinsi Banten dan berada di provinsi Jawa barat, sedangkan dalam sebagian kecil lainnya di DKI Jakarta dan propinsi Jawa tengah banyak juga



memanfaatkan produk etilen glikol. Perusahaan-perusahaan yang memanfaatkan etilen glikol sebagai bahan bakunya antara lain perusahaan Polyester Staple Fiber (PSF), perusahaan Polyester Filament Yarn (PFY), dan perusahaan *Polyester Terephthalat Resin* (PET) untuk membuat plastik, terutama botol dan kaca film. Etilen glikol dapat juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan *Nylon Filament Yarn* (NFY), *Nylon Tirecord* (NTC), cooling agent dan sebagai anti freezer.

Tabel 1.2. Produsen Industri PSF/PFY di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Lokasi
1	PT. GT Petrochem Indonesia	Tangerang
2	PT. Teijin Indonesia Fiber co	Tangerang
3	PT. Panasia Indosynter	Bandung
4	PT. Sulin Dafin	Tangerang
5	PT. Tri Rempoa Solo Synthetic	Jakarta
6	PT. Indonesia Toray Synthetic	Tangerang
7	PT. Kukuh Manunggal Fiber Industries	Tangerang
8	PT. Indorama Synthetic	Purwakarta
9	PT. Polysindo Eka Perkasa	Karawang
10	PT. Vestex Prima industries	Bandung
11	PT.Kohap Indonesia	Tangerang

Tabel 1.3. Produsen Industri PET Resin di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Lokasi
1	PT. Indorama Synthetic	Purwakarta
2	PT. Polypet Karya Persada	Cilegon
3	PT. Bakrie Kasei PET	Cilegon
4	PT. Petnesia Resindo	Tangerang
5	PT. Sungkyong Keris	Tangerang

Tabel 1.4. Produsen Industri NFY di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Lokasi
1	PT. Filamendo	Tangerang
2	PT. Shinta Nylon Utaman	Bekasi
3	PT. Indachi	Purwakarta

### 3. Utilitas

Pada suatu pabrik atau perusahaan unit utilitas sangat penting, dimana unit utilitas adalah sarana kelancaran untuk proses produksi pabrik. Unit utilitas terbagi atas 3 unit yaitu unit air, unit listrik dan dan unit bahan bakar. Air merupakan salah satu dari beberapa kebutuhan yang sangatlah penting bagi suatu industri. Dimana air digunakan untuk memnuhi kebutuhan proses, media pendingin, air sanitasi, dan kebutuhan lainnya. Di daera Ciwandan, Banten air dapat diperoleh dengan sangat mudah. Hal ini dapat dibuktikan dengan banyaknya pabrik-pabrik yang berdiri di daerah Ciwandan, Banten dan setiap pabrik pasti sangat membutuhkan air dalam proses produksinya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diambil dari dua

macam sumber, yaitu menggunakan air sungai di daerah Ciwandan dan air yang berada di Kawasan Industri yang disesuaikan dengan jenis kebutuhan dan jumlahnya. Begitu pula sarana listrik dan bahan bakar yang merupakan salah satu faktor yang terpenting dalam sentra industri, terutama berfungsi sebagai motor penggerak, penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan produksi lainnya

#### 4. Tenaga kerja

Sangat banyak tenaga kerja yang terdapat di Banten, maupun yang berada dari daerah lain atau di sekitar Banten. Sehingga kebutuhan tenaga kerja dapat terpenuhi. Pulau Jawa, khususnya provinsi Banten merupakan daerah dengan penduduk yang cukup tinggi sehingga penyediaan tenaga kerja, baik tenaga kerja terlatih maupun kasar tidak akan menjadi masalah. Selain itu penyediaan tenaga ahli juga akan lebih mudah karena berdekatan dengan ibu kota Negara.

#### 5. Sarana Transportasi

Provinsi Banten merupakan jalur transportasi Merak - Jakarta yang merupakan pintu gerbang pulau Jawa dan Sumatra. Provinsi Banten memiliki fasilitas jalan yang sangat baik yang akan memudahkan transportasi darat untuk masuknya sumber bahan baku dan pendistribusian produk. Posisi kawasan industri Provinsi Banten yang strategis juga akan memudahkan transportasi laut, baik untuk kebutuhan pengiriman antar pulau maupun untuk ekspor.

#### 6. Limbah pabrik

Limbah yang diperoleh baik cair maupun padat akan diserahkan ke pihak ke 3 (tiga) untuk diolah.

#### b. Faktor Penunjang

##### 1. Kondisi Tanah dan Daerah

Kondisi tanah yang relative masih luas dengan struktur tanah yang kuat dan datar. Sejak awal area ini memang sudah direncanakan sebagai kawasan industri, sehingga tanah di sekitarnya cukup stabil untuk didirikan suatu pabrik. Dengan didukung iklim yang stabil sepanjang tahun, tentunya pemilihan lokasi ditempat ini akan sangat menguntungkan.

## 2. Kebijakan pemerintah

Pemerintah menetapkan Provinsi Banten sebagai salah satu kawasan industri di Indonesia, sehingga pendirian pabrik etilen glikol di kawasan Provinsi Banten akan mendapatkan kemudahan dari sisi non teknis dan pemerintah sebagai fasilitator yang telah memberikan kemudahan dalam perizinan pendirian, pajak dan hal lain yang menyangkut pelaksanaan pendirian sebuah pabrik.

## 3. Rencana Pendirian Pabrik yang Mendukung Industri Lain

Pendirian pabrik etilen glikol ini akan direncanakan dapat memenuhi dan dapat mendukung industri lain. Selain itu industri etilen glikol ini dapat merangsang pertumbuhan dan pendirian industri-industri baru yang berada di sekitar Banten.

## 4. Kemungkinan perluasan suatu pabrik

Pada masa yang akan datang, perlu dipikirkan adanya perluasan pabrik dan pengembangan pabrik. Hal ini diperkirakan dapat menguntungkan dan Banten diperkirakan bisa digunakan sebagai perluasan pabrik.

## PETA CIWANDAN-BANTEN



**INDONESIA**



**BANTEN**



**Jl. Nasional III, Ciwandan, Cilegon, Banten**

Gambar 1.1. Peta Lokasi Pabrik

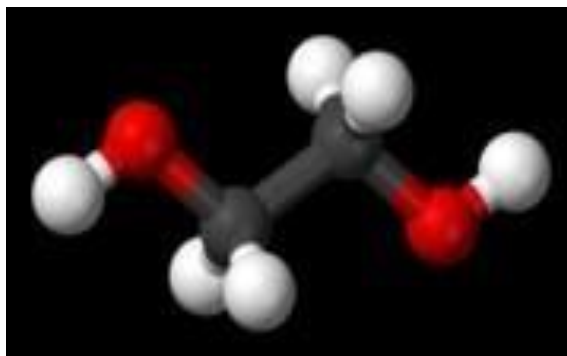
## 1.6 Tinjauan Pustaka

### 1.6.1 Etilen Glikol

Pertama kali Etilen Glikol ditemukan oleh Charles Adolphe Wurtz pada tahun 1859 dengan hidrolisis etilen glikol diasetat menggunakan saponifikasi dengan KOH dan pada tahun 1860 melalui proses hidrolisis etilen oksida. Senyawa ini belum di komersialkan hingga perang dunia ke-I, dimana proses tersebut dilakukan dengan etilen glikol disintesis dari etilen diklorida dan digunakan sebagai substituent gliserol pada suatu industri peledakan di Negara Jerman. Selain di Jerman ada pula di Negara Amerika yaitu produksi semi komersial etilen glikol via etilen klorohidrin yang didirikan mulai pada tahun 1917. Pabrik etilen glikol yang pertama berdiri di dunia ini pada tahun 1925 yaitu berada di *West Virginia* (Anonim<sup>c</sup>, 2009).

Etilen Glikol yang sering disebut Monoetilen Glikol merupakan cairan jenuh, yang tidak berwarna, tidak pula berbau, berasa manis dan dapat larut sempurna dalam air. Kelompok hidroksil pada glikol dapat memberikan kemungkinan turunan senyawa yang sangat luas. Gugus hidroksil ini dapat diubah menjadi aldehid, alkil halide, amina, azida, asam karboksil, eter, merkaptan, ester nitrat, nitril, ester nitrit, ester organik, ester posphat, dan ester sulfat. Senyawa-senyawa ini dapat membuat etilen glikol bisa menjadi senyawa intermediet di dalam banyak reaksi. Terutama di dalam formasi resin, termasuk kondensasi dengan dimetil terephtalat atau asam terephtalat yang dapat menghasilkan resin *polyester* (MEG Global Group, 2008).

Rumus molekul Monoetilen Glikol atau Etilen Glikol adalah  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  dan struktur molekulnya seperti yang ditampilkan pada gambar 1.2. Struktur Molekul Etilen Glikol.



Gambar 1.2. Struktur Molekul Etilen Glikol (Anonim<sup>C</sup>, 2009)

Tabel 1.5. Data Komponen Bahan Baku dan Produk

Sifat	Parameter	Nama Komponen		
		Bahan Baku		Produk
		Etilen Oksida	Air	Etilen Glikol
Fisik	Rumus Kimia	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	H <sub>2</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>
	BM (g/mol )	44.05	18.016	62.07
	Fasa (25 C)	Gas	Cair	Cair
	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	0.882	1	1.132
	Titik Didih (°C)	10.5	100	197.4
	Titik Lebur (°C)	-112.44	0	-13
	Viskositas (cP)	0.2 (20 C)	0,8949	20.9 (20 C)
	Warna	Tidak	Tidak	Tidak

<b>Kimia</b>	Sifat Racun	Tidak	Tidak	Tidak
	Sifat Korosif	Tidak	Tidak	Korosif

Secara komersial, Monoetilen Glikol di Negara Indonesia sebagai bahan baku industri *polyester* (tekstil) sebanyak 97.34%. Sedangkan sisanya sebanyak 2.66% digunakan sebagai bahan baku tambahan pada pembuatan cat, cairan rem, *solven*, alkil resin, tinta cetak, tinta ballpoint, *foam stabilizer*, kosmetik, dan bahan anti beku.

### 1.6.2 Kegunaan Etilen Glikol

Kegunaan etilen glikol dalam bidang industri, khususnya di Negara Indonesia sebagian besar digunakan sebagai bahan baku proses industri polyester. Polyester adalah senyawa polimer jenis termoplastik yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri tekstil dan bahan baku plastik. Selain dapat dibuat serat yang kemudian dipintal menjadi sebuah benang, juga bisa dibuat langsung menjadi benang filament untuk proses produksi tekstil. Selain beberapa industri polyester ini juga dapat dibentuk atau dicetak sebagai bahan *molding* untuk pembuatan botol plastik (Mc.Ketta,1984).

Tabel 1.6. Beberapa Kegunaan Etilen Glikol (MEG Global Group, 2008)

Sifat/ Karakteristik	Aplikasi / Kegunaan
Senyawa intermediet dari resin	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resin <i>polyester</i> ( <i>Fibers, Containers</i> dan <i>films</i> )</li> <li>- Resin ester sebagai plasticizers (<i>adhesive</i>, pernis, dan pelapis )</li> <li>- <i>Alkyd-type resins</i> (karet sintetis, <i>adhesive</i>, pelapis permukaan )</li> </ul>



Solven coupler (pasangan pelarut)	- Sebagai penstabil pada formasi gel
Penurunan titik pembekuan  ( <i>Freezing Point Depression</i> )	- Fluida penghilang es ( <i>deicing fluids</i> ) pada pesawat terbang, dan landasannya.  - Sebagai fluida penghantar panas ( <i>heat transfer fluids</i> ) pada kompresor gas, pemanas, pendingin udara, proses pendingin  - Antibeku pada kendaraan dan pendingin.  - Formulasi berdasarkan air seperti adesif, cat latex dan emulsi aspal)
Pelarut	- Garam konduktif medium pada kapasitor elektrolitik
<i>Humectant</i>	- Serat tekstil, kertas, kulit, <i>adhesive</i> dan lem

Etilen Glikol memiliki beberapa kegunaan baik dalam kegiatan sehari-hari maupun di dalam perindustrian. Beberapa manfaat dari Etilen Glikol tersebut antara lain :

#### 1. Bahan Anti Beku

Dalam menjalankan fungsinya sebagai zat anti beku, larutan Etilen Glikol mempunyai perpindahan panas yang baik dan titik didih yang lebih besar daripada air.

## 2. Bahan Baku Polyester

Fiber Penggunaan Etilen Glikol sebagai bahan baku Polyester Fiber seringkali digunakan dalam industri tekstil.

## 3. Resin

Etilen Glikol digunakan sebagai bahan pembuatan resin polyester bersamaan dengan *Maleic Pthalic anhydries* dan *Vinyl-type monomers*.

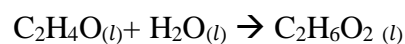
## 4. Berbagai keperluan lain

- a. Dapat digunakan sebagai anti beku pada radiator kendaraan bermotor
- b. Sebagai bahan baku poliester dan tereftalat (bahan baku serat sintetis)
- c. Digunakan untuk resin alkid dan resin polyester untuk cat
- d. Untuk membantu pada proses penggilingan semen
- e. Sebagai bahan untuk mengurangi lapisan es yang ada di kaca depan dan sayap pada pesawat
- f. Digunakan dalam rem dan meredam guncangan
- g. Sebagai cairan untuk inhibitor dan mencegah karet membengkak
- h. Sebagai pelumas tahan api
- i. Untuk pelarut untuk pewarna
- j. Untuk menghentikan terbentuknya amonia perborat pada kapasitor elektrolit (McKetta, 1989).

### 1.6.3 Konsep Reaksi

#### 1.6.3.1 Dasar Reaksi

Prarancangan pabrik kimia etilen glikol ini menggunakan proses hidrolisis. Proses hidrolisis adalah reaksi penambahan satu atau lebih molekul air kedalam suatu molekul. Bahan baku yang digunakan dalam produksi etilen glikol ini yaitu etilen oksida dan air. Etilen oksida mudah bereaksi dengan air yang akan membentuk etilen glikol (Mc. Ketta, 1984):



Variabel yang penting diperlukan agar hasil etilen glikol yang terbentuk banyak atau maksimal adalah perbandingan etilen oksida dengan air yang berlebih.

Dalam hal ini perlu ditambahkan air yang berlebih karena etilen oksida lebih mudah bereaksi dengan etilen glikol yang telah terbentuk untuk membentuk glikol berderajat tinggi. Reaksi yang terjadi dalam proses ini adalah reaksi hidrolisis non-katalitik dalam keadaan netral.

### 1.6.3.2 Kondisi Operasi

Kondisi operasi pada reaktor *Plug Flow Reaktor* yang digunakan dalam prarancangan pabrik etilen glikol ini adalah sebagai berikut :

Temperatur	: 190°C
Tekanan	: 18 atm
Sifat reaksi	: eksotermis
Fase	: cair-cair
Mol (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O : H <sub>2</sub> O)	: 1 : 20

### 1.6.3.3 Tinjauan Termodinamika

Termodinamika sangat diperlukan dalam prinsip keseimbangan reaksi. Berdasarkan pada harga entalpi dari reaksi pembentukan, maka reaksi tersebut termasuk reaksi eksotermis, sedangkan untuk menentukan apakah reaksi bolak-balik atau searah yaitu dengan menentukan harga K, jika nilai K lebih besar dari pada 1 (satu) maka reaksinya akan berjalan ke arah kanan atau (searah), dan jika nilai K lebih kecil dari pada 1 (satu) maka reaksi akan berjalan ke arah kanan dan kiri atau (bolak-balik) (Rivai, 1995).

Harga ( $\Delta H^{\circ}$ ) masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 1.7. (Yaws, 1999).

Tabel 1.7. Harga Gibbs ( $\Delta G_f^\circ$ ) dan Entalpi Standar ( $\Delta H_f^\circ$ )

Komponen	Rumus Molekul	( $\Delta H_f^\circ$ )(kJ/mol)	( $\Delta G_f^\circ$ )(kJ/mol)
Air	H <sub>2</sub> O	-241.80	-228.60
Etilen Oksida	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-52.63	-13.10
Etilen Glikol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	-398.32	-304.47

Sumber : (Yaws, 1999)

Keterangan :

Jika  $\Delta H_f^\circ$ reaksi = - (negatif), maka reaksi bersifat eksotermis.

Jika  $\Delta H_f^\circ$ reaksi = + (positif), maka reaksi bersifat endotermis.

Reaksi utama :

$$\begin{aligned}
 \Delta H_f^\circ \text{ reaksi} &= \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta H_f^\circ \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2) - (\Delta H_f^\circ \text{C}_2\text{H}_4\text{O} + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) \\
 &= (-389.32) - ((-52.63) + (-241.80)) \\
 &= -94.89 \text{ kJ/mol} \\
 &= -22669.221 \text{ kal/mol}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$\Delta H_R^\circ$  = Entalpi reaksi

$\Delta H_f^\circ$  = Entalpi pembentukan

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis, di katakan reaksi eksotermis karena harga entalpi reaksi bernilai (-) negatif sehingga reaksi melepas panas. Dalam prarancangan pabrik etilen glikol ini, semua reaksi merupakan reaksi irreversible atau (searah) yang terlihat dari harga Gibbs pembentukan, hal tersebut dapat dibuktikan dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \Delta G_f^\circ \text{ reaksi} &= \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta G_f^\circ \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2) - (\Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{O} + \Delta G_f^\circ \text{C}_2\text{H}_4\text{O})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (-304.47) - ((-13.10) + (-228.60)) \\
 &= -62.77 \text{ kJ/mol} \\
 &= -14995.53 \text{ kal/mol} \\
 \ln K &= -\Delta G_f^\circ \text{ reaksi} / R \cdot T \\
 \ln K &= -(-14995.753 \text{ kal mol}) / (1.987 \text{ kal /mol. K} \times 298 \text{ K}) \\
 \ln K &= 26.114 \\
 K &= 2.1936 \times 10^{11}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$\Delta G^\circ$  = Energi bebas Gibbs

R = Konstanta gas

T = Temperatur

K = Konstanta kesetimbangan reaksi

Untuk menentukan harga K pada suhu operasi tertentu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

$$\ln K/K_{298} = -\Delta H_r^\circ / R \times (1/T_{298} - 1/T_x)$$

Harga kesetimbangan reaksi dari masing-masing reaksi sangat besar, maka reaksi di atas termasuk reaksi irreversible atau (searah).

#### 1.6.3.4 Tinjauan Kinetika

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi orde 1 dengan persamaan kecepatan reaksi sebagai berikut :

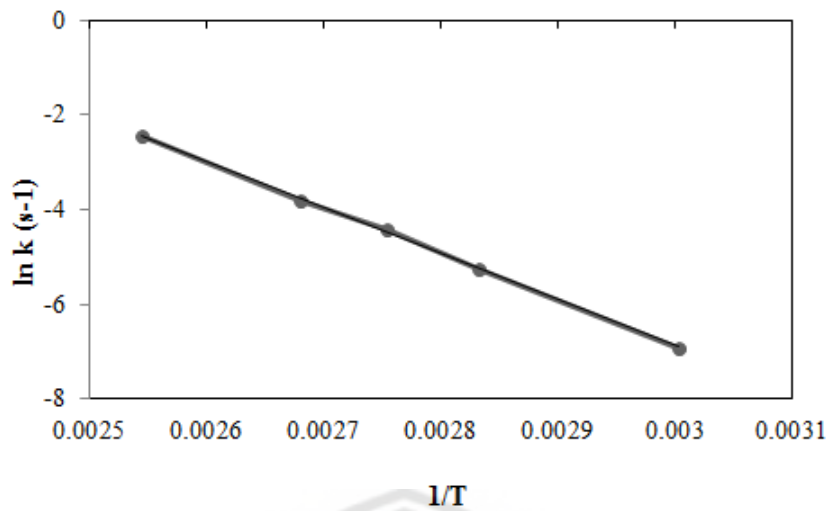
$$-r_A = k C_A$$

Dimana :

-rA : Kecepatan reaksi (mol/liter.menit)

K : Konstanta kecepatan reaksi (1/menit)

CA : Konsentrasi (mol/liter)



Maka, persamaan Arrhenius dapat diselesaikan sebagai berikut:

$$\ln kA = \ln A - ((E / R)/(1 / T))$$

$$K (T) = Ae^{-E/R.T}$$

$$\ln K = (-9729.3 / T) + 22.316$$

$$-E / R = -9729.3 \text{ K}$$

$$E = (-9729.3 \text{ K}) \times R$$

$$= 9729.3 \text{ K} \times 8.314 \text{ J/mol. K}$$

$$E = 80889.4002 \text{ J/mol}$$

$$E = 80.889 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln A = 22.316$$

$$A = 4.917 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

$$K = 4.917 \times 10^{10} \exp(-9729.3 \text{ K}/T)$$

## 1.7 Proses Pembuatan Etilen Glikol

Etilen glikol sudah dikenal sejak tahun 1859 oleh Wurz, namun baru diproduksi secara industri pada Perang Dunia I. Secara komersial, untuk yang pertama kali pada tahun 1937 oleh Lefort dari etilen oksida menjadi etilen glikol berdasarkan reaksi hidrolisis. Dalam perkembangannya pembuatan etilen glikol dapat diproduksi menggunakan beberapa proses lain, diantaranya :

Tabel 1.8. Diskripsi Perbandingan Proses Pembuatan Etilen Glikol

No	Proses	Bahan Baku	Reaksi	Katalis	Kelebihan	Kekurangan	Tekanan	Temperatur	Kemurnian
1.	Hidrolisis Etilen Oksida non katalitik	$C_2H_4O(g)$ dan $H_2O(g)$	$C_2H_4O(l) + H_2O(l) \rightarrow C_2H_6O_2(l)$  etilen oksida + air $\rightarrow$ etilen glikol	-	-	Kemurnian rendah	14-22 atm	190-200°C	90%
2.	Hidrolisis Etilen Oksida	$C_2H_4O(g)$ dan $H_2O(g)$	$C_2H_4O(g) + H_2O(g) \xrightarrow{K_2CO_3} C_2H_6O_2(l)$	Potassium Karbonat	-	Kemurnian rendah	0.9869-29.6077 atm	100-200°C	99.90%

							(0.1-3 MPa)		
3.	Hidrogenasi Dietil Oksalat	$C_4H_6O_4(g)$ dan $H_2(g)$	<p><math>Cu</math></p> $C_4H_6O_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_3H_6O_3(g) + CH_3OH(g)$ <p><math>Cu</math></p> $C_3H_6O_3(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6O_2(l) + H_3OH(g)$	Tembaga Perak, atau Rubidium	-	Kondisi operasi tinggi	35 atm	210-250 °C	94.6%
4.	Proses Halcon	$C_2H_4(g)$ , $O_2(g)$ , $CH_3COOH(l)$ , dan $H_2O(g)$	$C_2H_4(g) + 12O_2(g) + 2CH_3COOH(l)$ <p><math>TeBr</math></p> $\rightarrow C_6H_{10}O_4(g) + H_2O(g)$ $C_6H_{10}O_4(g) + 2H_2O(g)$ <p><math>TeBr</math></p> $\rightarrow C_2H_6O_2(l) + CH_3COOH(l)$	Tellurium Dioksida atau Tellurium Bromida	Kemurnian tinggi	Tekanan sangat besar, korosif pada alat, dan kebutuhan utilitas besar	136.0919 atm 2.000 psig	50-250 °C	95.50%



5.	Karbonasi Etilen Oksida & Hidrolisis Etilen Karbonat	$C_2H_4O(g)$ , $CO_2(g)$ dan $H_2O(g)$	$C_2H_4O(g) + CO_2(g)$ KI $\rightarrow C_3H_4CO_3(g)$  $C_3H_4CO_3(g) + H_2O(g)$ KI $\rightarrow C_2H_6O_2(l) + CO_2(g)$	Potassium Iodida atau Potassium Bromida	Kemurniaan tinggi	Biaya mahal, stabilitas rendah, aktivitas katalis rendah	7.8954-29.6077 atm 0.8-3 MPa	50-180 °C	99%
6.	Oksigenasi Etilen & Hidrolisis Etilen Oksida	$C_2H_4(g)$ , $O_2(g)$ , dan $H_2O(g)$	$C_2H_4(g) + O_2(g)$ $Ag_2O$ $\rightarrow C_2H_4O(g)$  $C_2H_4O(g) + H_2O(g)$ $K_2CO_3$ $\rightarrow C_2H_6O_2(l)$	Perak Oksida dan Potassium Karbonat	Deaktivasi katalis dapat dicegah	-	10-30 bar (reaksi 1) 0.1-3 MPa (reaksi 2)	200-300 °C (reaksi 1) 100-200 °C (reaksi 2)	99.98%

## 1. Hidrolisis Etilen Oksida

Pada saat ini kebanyakan proses produksi etilen glikol menggunakan reaksi hidrolisis etilen oksida, di mana reaksi ini ada tiga cara yaitu:

### a. Reaksi Hidrolisis Non Katalitik

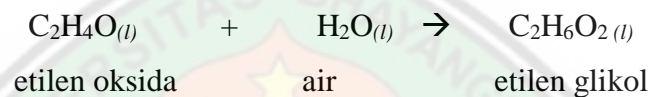
Reaksi hidrolisis non katalitik merupakan proses hidrolisis antara etilen oksida dengan air yang akan membentuk monoetilen glikol atau etilen glikol. Mula-mula etilen oksida murni dicampur dengan menggunakan air dengan perbandingan mol air dengan etilen oksida 1 : 20 (air dalam jumlah yang sangat berlebih digunakan untuk mencapai selektivitas monoetilen glikol atau etilen glikol yang tinggi), dipanaskan sampai kondisi reaksi pada reaktor tubular untuk diubah menjadi monoetilen glikol. Air berlebih pada proses ini dihilangkan dengan menggunakan evaporator dan etilen glikol dimurnikan dengan distilasi (Kirk dan Othmer, 1990)

Pada reaksi ini pembentukan produk etilen glikol dilakukan dalam fase cair, sehingga suhu dan tekanan yang diatur untuk mempertahankan etilen oksida pada kondisi cair. Rentang harga tekanan dalam operasi ini adalah berkisar 14-22 atm dengan suhu antara 190-200 °C dengan *yield* sebesar 99.5% dan koversi sebesar 99.8% (Mc. Ketta, 1984). Etilen glikol dapat diproduksi dengan hidrolisis etilen oksida dan air tanpa menggunakan katalis pada media yang netral. Reaksi hidrolisis antara etilen oksida dengan air ini, selain menghasilkan etilen glikol yang sangat tinggi, juga dapat menghasilkan produk samping berupa dietilen glikol, dan trietilen glikol. Selektivitas glikol secara tepat dapat dilakukan dengan pengontrolan variasi rasio antara etilen oksida dan sejumlah besar air yang berlebih (Kirk- Othmer, 1999).

Bahan baku etilen oksida dan air dicampur bersama-sama dengan *recycle* dan dipompa ke reaktor hidrolisis. Jika unit glikol dikombinasi dengan pabrik etilen oksida akan menjadi pertimbangan dalam segi ekonomi, karena umpan yang digunakan bersumber dari unit etilen oksida secara langsung. Dalam reaktor glikol, perlu untuk menetapkan waktu tinggal yang cukup untuk mereaksikan secara non katalitik terhadap semua etilen oksida. Tekanan dikontrol untuk menghindari penguapan etilen oksida. Kondisi operasi reaktor tergantung pada konsentrasi mula-mula etilen oksida.

Campuran air dengan glikol dari reaktor diumpankan ke dalam evaporator. Evaporator dapat beroperasi dengan tekanan *vacuum*. Air yang teruap akan terkondensasi sebagai kondensat dan air *recycle* ke tangki pencampuran umpan glikol. Larutan *crude* glikol dari evaporator kemudian diumpankan ke stripping untuk memisahkan air dan fraksi ringan. Campuran glikol yang bebas air kemudian difraksinasi dalam kolom distilasi untuk mendapatkan produk utama berupa monoetilen glikol dan produk samping berupa dietilen glikol dan trietilen glikol. Variabel yang penting dalam proses ini adalah perbandingan air dan etilen oksida. Pembentukan dietilen glikol dan trietilen glikol dapat diperkecil dengan menggunakan air berlebih dalam jumlah besar yaitu antara 2.5-30.

Reaksi :



#### b. Hidrolisis Etilen Oksida (Katalis)

Proses hidrolisis dapat menggunakan katalis asam maupun basa. Pada katalis asam, proses protonasi oksida akan menghasilkan etilen oksida untuk kemudian bereaksi dengan air. Proses hidrolisis etilen oksida dilakukan untuk mencapai selektivitas monoetilen glikol hingga 90% dan sisa produk yang terbentuk adalah dietilen glikol dan trietilen glikol. Pada katalis basa, proses hidrolisis akan menghasilkan selektivitas yang rendah terhadap etilen glikol. Katalis yang umum digunakan dalam proses ini adalah potassium karbonat. Proses hidrolisis terjadi pada pH dengan *range* 6 -10 dengan menggunakan air yang berlebih. Dengan demikian, produk monoetilen glikol yang terbentuk akan mencapai selektivitas yang tinggi, yakni mencapai 91%. Hidrolisis etilen oksida menjadi etilen glikol membutuhkan kondisi operasi bertemperatur 100-200 °C dengan tekanan 0.1-3 MPa dalam reaktor *baffle* (US 2012/0136178 A1).

Reaksi utama:



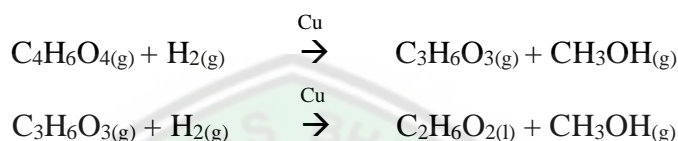
Reaksi samping:





## 2. Hidrogenasi Dimetil Oksalat

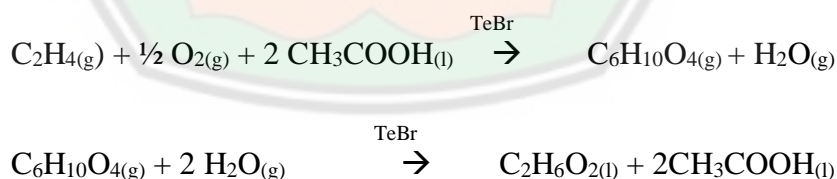
Proses hidrogenasi dimetil oksalat melibatkan proses sintesis etilen glikol dari *syngas*. Terdapat dua reaksi yang terjadi pada proses ini, yaitu proses pembentukan metil glikolat dan hidrogenasi metil glikolat menjadi etilen glikol. Proses reaksi dapat terjadi dalam sistem homogen maupun heterogen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



## 3. Proses Halcon

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

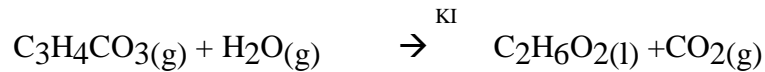
Reaksi :



## 4. Karbonasi Etilen Oksida dan Hidrolisis Etilen Karbonat

Proses sintesis etilen glikol metode karbonisasi etilen oksida melibatkan dua proses reaksi. Pada reaksi pertama, etilen oksida direaksikan dengan karbon dioksida menghasilkan etilen karbonat. Pada reaksi kedua, etilen karbonat kemudian dihidrolisis untuk menghasilkan etilen glikol. Katalis yang dapat digunakan dalam proses ini dapat berupa katalis homogen maupun heterogen. Contoh katalis yang dapat menghasilkan reaksi karbonisasi adalah katalis dengan

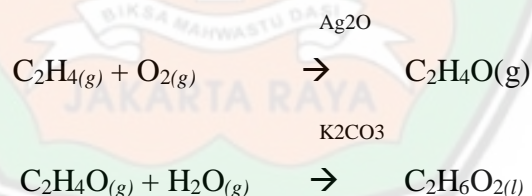
jenis alkali halida seperti potassium iodida dan potassium bromida. Karbonasi etilen oksida menjadi etilen glikol membutuhkan kondisi operasi dengan temperatur 50-180 °C dan tekanan 0.8-3 MPa (US 2013/0072727 A1).



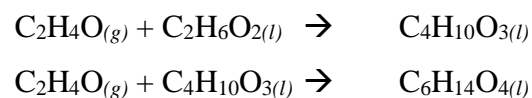
## 5. Oksigenasi Etilen dan Hidrolisis Etilen Oksida

Proses pembentukan etilen glikol melibatkan dua proses reaksi, yaitu oksigenasi etilen dan hidrolisis etilen oksida. Pada reaksi pertama, etilen direaksikan dengan oksigen menghasilkan etilen oksida. Proses oksigenasi etilen dibantu dengan adanya katalis perak oksida ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) dalam reaktor multitubular dengan kondisi operasi bertemperatur 200-300°C dan bertekanan 10-30 bar. Reaksi kedua etilen oksida direaksikan dengan air menghasilkan etilen glikol dengan reaksi samping menghasilkan dietilen glikol dan trietilen glikol. Proses hidrolisis etilen oksida dibantu dengan adanya katalis kalium karbonat ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) dalam reaktor seperti *baffle reactor*, dimana kondisi operasi yang digunakan adalah temperatur sebesar 100-200 °C dan tekanan sebesar 0,1-3 MPa (US Patent No. 9,096,564 B2).

Reaksi utama:



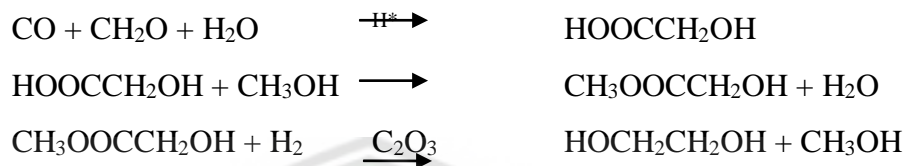
Reaksi samping:



## 6. Proses Du Pont Formaldehid

Pada proses Du Pont, formaldehid bereaksi dengan karbon monoksida dan air, yang dijalankan pada suhu sekitar 200 °C dan tekanan 700 atm, untuk memproduksi *glycolic acid* (90-95%). *Glycolic acid* diesterifikasi dengan metanaol atau n-propanol, dan *alkyl glycolate* di hidrogenasi pada fase uap pada suhu 200 °C dan tekanan 30 atm menggunakan katalis kromat untuk menghasilkan etilen glikol dan alkohol. Alkohol kemudian dikembalikan kelangkah esterifikasi. Reaksi

hidrogenasi juga dapat dijalankan pada fase dan tekanan sampai dengan 40 atm menggunakan katalis *magnesia-copper oxide*. Produk yang diperoleh minimal sebanyak 75%. Dalam proses ini formaldehid direaksikan dengan karbon monoksida dan air untuk membentuk asam glikolat untuk selanjutnya diesterifikasi dengan menggunakan metanol, etanol atau propanol dan produk alkil glikolat dihidrogenasi dalam fasa uap menggunakan katalis kromat menghasilkan monoetilen glikol dan alkohol (Mc Ketta dan Cunningham,1984).



Variabel penting yang diperlukan agar hasil etilen glikol yang terbentuk banyak atau maksimal adalah perbandingan etilen oksida dengan air. Dalam hal ini perlu ditambahkan air berlebih karena etilen oksida lebih cepat bereaksi dengan etilen glikol yang telah terbentuk untuk membentuk glikol berderajat tinggi tersebut. Reaksi yang terjadi dalam proses ini adalah reaksi non-katalitik dalam keadaan netral. Kondisi operasi pada reaktor dalam prarancangan pabrik etilen glikol ini adalah:

- Temperatur : 190 °C
- Tekanan : 18 atm
- Sifat reaksi : eksotermis
- Fase : cair-cair
- Mol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O : H<sub>2</sub>O) : 1 : 20

## 1.8 Diskripsi Proses

Proses produksi etilen glikol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>) dari etilen oksida dapat dibagi menjadi 3 tahapan proses yaitu proses persiapan bahan baku, proses sintesa etilen glikol, dan proses pemurnian etilen glikol. Proses hidrolisis non katalitik adalah reaksi penambahan satu atau lebih molekul air kedalam suatu molekul tanpa menggunakan katalis.

### **1.8.1 Tahap Persiapan Bahan Baku**

#### a. Etilen oksida

Bahan baku etilen oksida dalam fasa gas dengan kemurnian 99.97%, serta pengotor berupa CO<sub>2</sub> 0.03% disimpan dalam tangki penyimpanan etilen oksida pada kondisi temperatur 30 °C dan tekanan 2.2 atm.

#### b. Air

Bahan baku air disimpan pada tangki penampungan dengan suhu 30 °C dan tekanan 1 atm yang akan diubah fasanya menjadi gas dengan menggunakan vaporizer.

### **1.8.2 Tahap Sintesa Etilen Glikol**

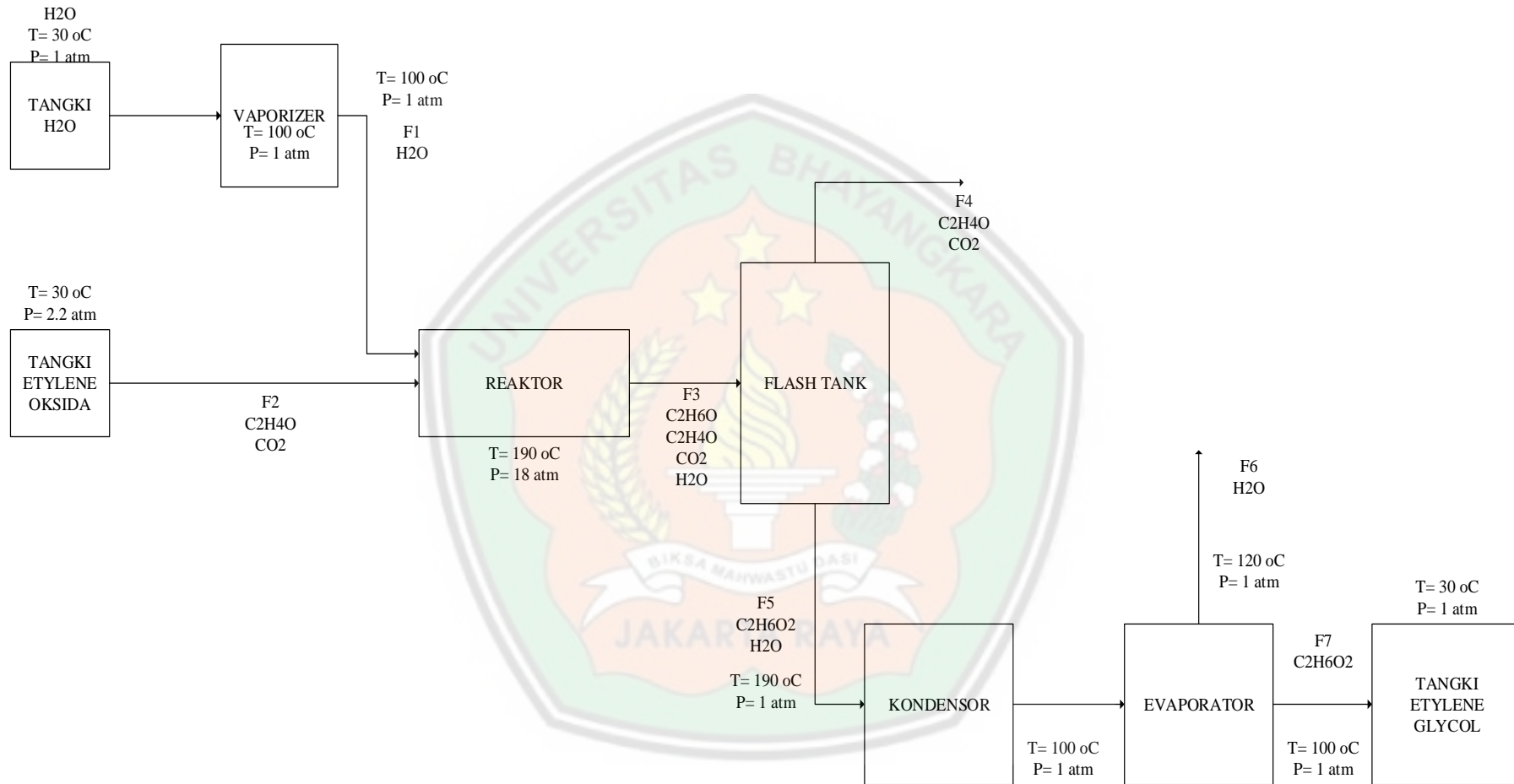
Tahap sintesa etilen glikol ini bertujuan untuk mereaksikan etilen oksida dalam fasa gas dan gas di dalam reaktor plug flow adiabatik non isothermal sehingga terbentuk produk etilen glikol.

Perbandingan mol umpan masuk etilen oksida dan air yaitu 1 : 20. Untuk mencapai konversi 99.8%, maka reaktor dioperasikan pada suhu 190 °C dan tekanan 18 atm, kondisi ini diterapkan agar fasa reaktan dan produk dalam kondisi yang sama. Reaksi yang terjadi berlangsung secara adiabatik non isothermal sehingga reaktor membutuhkan isolasi untuk menghindari hilangnya atau kehilangan panas lingkungan. Etilen oksida dan air selanjutnya diumpungkan ke reaktor. Di dalam reaktor terjadi reaksi hidrolisis non katalitik pembentukan etilen glikol. Campuran yang dihasilkan dari reaksi yang keluar reaktor pada suhu 190 °C dan tekanan 18 atm.

### **1.8.3 Tahap Pemisahan Air dan Etilen Oksida**

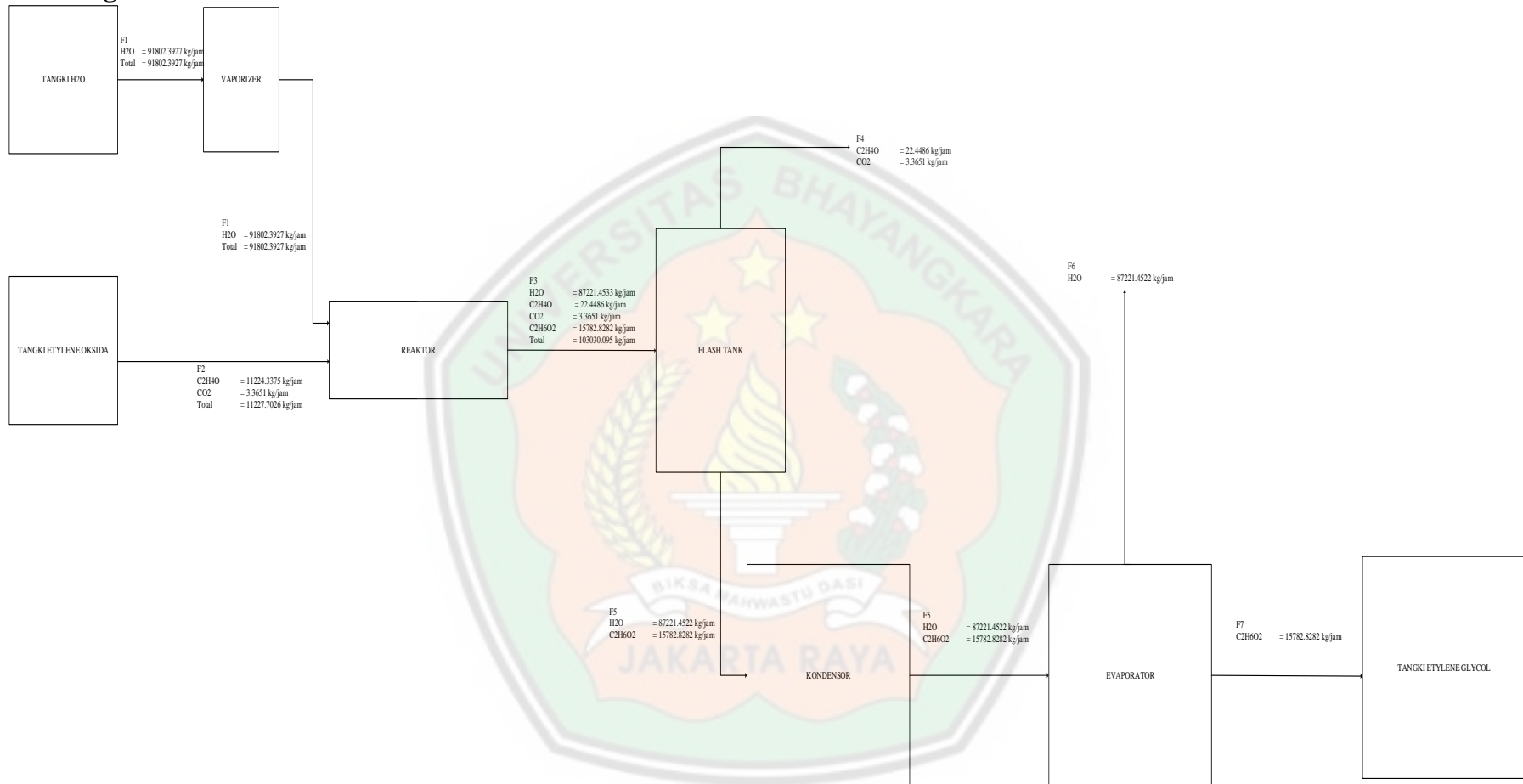
Etilen glikol yang keluar dari reaktor, dialirkan ke flash tank dan evaporator untuk memisahkan gas etilen oksida dan air agar tidak terjadi reaksi lagi dengan etilen glikol serta mengubah etilen glikol menjadi fasa cair yang kemudian akan disimpan di dalam tangki etilen glikol.

### 1.9 Diagram Kualitatif





### 1.10 Diagram Kuantitatif



## 1.10 Spesifikasi Bahan

### 1.10.1 Spesifikasi Bahan Baku

#### 1. Etilen Oksida (EPA, 1986) :

##### a. Sifat Fisis

Etilen oksida adalah senyawa yang berfase gas yang tidak memiliki warna yang dikondensasikan pada temperatur yang rendah berubah menjadi cairan. Etilen oksida dapat larut dalam air, alkohol, eter dan pelarut organik lainnya. Uap etilen oksida mudah terbakar dan meledak. Sifat-sifat fisis etilen oksida sebagai berikut (Kirk-Othmer, 1999):

1. Rumus molekul :  $C_2H_4O$
2. Berat molekul : 44.05 g/mol
3. Bentuk : cair
4. Warna : tidak berwarna
5. Kemurnian : 99.97% (% berat minimal)
6. Titik didih (1 atm) : 10.4 °C
7. Tetik beku (1 atm) : -111.7 °C
8. Tekanan kritis : 7.19 MPa
9. Temperatur kritis : 195.8 °C
10. Densitas (20°C) : 0.8697 kg/L
11. Viskositas (20°C) : 0.26 MPa.s
12. Konduktivitas thermal : 0.15 W/(m.K)
13. Kapasitas panas (20°C) : 2008 J/kg.K
14. Panas spesifik (20°C) : 0.44 kal/g.°C
15. Panas penguapan (1 atm) : 6.1 kkal/g.mol
16. Panas peleburan (1 atm) : 1.236 kkal/gmol
17. *Flash point* : < -18 °C (*tag opencup*)
18. Panas larutan : 6.3 kJ/mol (dalam air murni 25 °C)
19. Kelarutan : larut dalam air, aseton,  $CCl_4$ , eter, methanol
20. Kereaktifan : mudah meledak jika dipanaskan, meledak dengan logam alkali dalam basa.
21. Kalor jenis : 0.44 kal/g °C (20 °C)
22. Kalor uap : 136.1 kal/g (1 atm)

**b. sifat Kimia (Othmer vol. 10 hal 637)**

1. Etilen oksida adalah zat antara yang sangat reaktif sehingga banyak digunakan dalam berbagai industri kimia.
2. Etilen oksida sangat reaktif dan digunakan di industri sebagai bahan intermediet untuk berbagai produk.

**2 Air (Perry, 1997):**

**a. Sifat fisis air:**

1. Titik lebur : 0 °C (1 atm)
2. Titik didih : 100 °C (1 atm)
3. Spesifik graviti : 1.00 (4 °C)
4. Indeks bias : 1.333 (20 °C)
5. Temperatur kritis : 374 °C
6. Tekanan kritis : 217 atm
7. Berat molekul : 18.016 gr/gmol
8. Densitas : 1 gr/ml (4 °C)
9. Viskositas : 0.8949 cP
10. Kapasitas panas : 1 kal/gr
11. Panas pembentukan : 80 kal/gr
12. Panas penguapan : 540 kal/gr

**b. Sifat Kimia (Ullman 7 ed. hal.68)**

1. Mudah melarutkan zat-zat baik cair, padat maupun gas
2. Merupakan reagent penghidrolisis pada proses hidrolisis
3. Sintesis polimer pertama oleh Wurtz mendapatkan etilen glikol dengan memanaskan etilen oksida dan air dalam silinder tertutup. Hidrolisis lambat pada suhu kamar dan kondisi netral, tetapi jauh lebih cepat dengan katalisis asam atau basa.

### 1.10.2 Spesifikasi Produk

#### a. Sifat fisis Monoetilen glikol (etilen glikol) (*Othmer vol.12 hal. 946-949*)

Etilen Glikol merupakan cairan jernih, yang tidak berwarna, tidak beraroma atau berbau, dengan rasa manis, dapat mudah menyerap dalam air dan dapat dicampur ke dalam beberapa pelarut contohnya seperti air, alkohol, glikol eter dan aseton. Kelarutan Etilen Glikol dalam larutan non-polar rendah contohnya seperti benzene, toluene, dikloroetan dan kloroform (Kirk-Othmer, 1999). Sifat-sifat fisis dari Etilen Glikol adalah sebagai berikut (Kirk-Othmer, 1999) :

1. Rumus molekul : HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH
2. Titik leleh : -12.9 °C (260 K)
3. Titik didih : 197.3 °C (470 K)
4. Titik beku : -13 °C
5. Flash Point : 244 F ( Huntsman<sup>a</sup>, 2006)
6. Spesifik grafiti ( 20°C) : 1.115 ( Huntsman<sup>a</sup>, 2006)
7. Densitas (20°C) : 9.28 lb/gal
8. Tekanan uap : 0.12 mmHg
9. Berat molekul : 62.068 g/mol
10. Densitas : 1.1132 g/cm<sup>3</sup>
11. Viskositas (20°C) : 20.9 Cp

#### b. Sifat kimia etilen glikol (*Othmer vol.12 hal 945*)

1. Etilen Glikol mudah larut dalam air, alkohol, glikol eter dan aseton
2. Etilen Glikol merupakan cairan higroskopis
3. Menurunkan titik beku jika direaksikan dengan air

Monoetilen Glikol dapat dengan mudah dioksidasi menjadi bentuk aldehid dan asam karboksilat oleh oksigen, asam nitrit, serta agen pengoksidasi lainnya. Beberapa kondisi reaksi yang bervariasi dapat mempengaruhi atau menentukan formasi dari hasil oksidasi yang didapatkan.