

## **PRA RENCANA**

### **PABRIK PEMBUATAN ETILEN GLIKOL MENGGUNAKAN PROSES KARBONASI DAN HIDROLISIS KAPASITAS 320.000 TON/TAHUN**



## **SKRIPSI**

**Dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti ujian sarjana  
Pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

**Oleh:**

**MARSELA APRI YESI**

**03091003067**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2016**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat, karunia, lindungan dan bimbingan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir yang berjudul “*Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen Glikol Menggunakan Proses Karbonasi dan Hidrolisis Kapasitas 320.000 Ton/Tahun*” diajukan untuk memenuhi persyaratan untuk mengikuti ujian akhir tingkat sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya. Selama penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak menerima bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar –besarnya kepada :

- 1) Ibu Dr. Ir. Hj. A. Susila Arita Rachman selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 2) Ibu Dr. Novia, ST. MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Elda Melwita, ST. MT. PhD, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
- 4) Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 5) Orang tua dan saudara kami, atas segala doa dan dukungannya.
- 6) Segenap pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan teknis hingga selesai penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan masukan bagi yang membaca, Amiin.

Inderalaya, Januari 2016

Penyusun

## LEMBAR PENGESAHAN

**Judul Skripsi :**

**“PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN  
ETILEN GLIKOL MENGGUNAKAN PROSES KARBONASI DAN  
HIDROLISIS KAPASITAS 320.000 TON/TAHUN”**

**Oleh :**

**1. MARSELA APRI YESI (03091003067)**

**Telah disidangkan pada tanggal 23 Januari 2016 di Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.**

**Mengetahui,**



**Ketua Jurusan Teknik Kimia,**

**Dr. Ir. Hj. Susila Arita R, DEA**  
**NIP. 196010111985032002**

**Indralaya, Januari 2016**

***di* Dosen Pembimbing Tugas Akhir,**

**Dr. Ir. Hj. Susila Arita R, DEA**  
**NIP. 196010111985032002**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>INTISARI</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan .....	2
1.3. Proses Pembuatan .....	4
1.4. Sifat-sifat Fisika dan Kimia .....	10
<b>BAB II PERENCANAAN PABRIK</b> .....	16
2.1. Alasan Pendirian Pabrik .....	16
2.2. Penentuan Kapasitas .....	17
2.3. Pemilihan Proses .....	18
2.4. Pemilihan Bahan Baku .....	19
2.5. Uraian proses .....	19
<b>BAB III LOKASI DAN LETAK PABRIK</b> .....	22
3.1. Lokasi Pabrik .....	22
3.2. Letak Pabrik .....	24
3.3. Luas Area .....	24
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS</b> .....	27
4.1. Neraca Massa .....	27
4.2. Neraca Panas .....	32
<b>BAB V UTILITAS</b> .....	39
5.1. Unit Pengolahan Air .....	39
5.2. Unit Penyediaan Steam .....	42

5.3. Unit Penyediaan Tenaga Listrik .....	43
5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	54
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>47</b>
<b>BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>78</b>
7.1. Bentuk Perusahaan .....	78
7.2. Struktur Organisasi .....	79
7.3. Tugas dan Wewenang .....	80
7.4. Sistem Kerja .....	83
7.5. Penentuan Jumlah Buruh .....	85
<b>BAB VIII ANALISA EKONOMI .....</b>	<b>91</b>
8.1. Keuntungan (Profitability).....	92
8.2. Lama Waktu Pengembalian Pinjaman.....	93
8.3. Total Modal Akhir .....	95
8.4. Laju Pengembalian Modal .....	97
8.5. Break Even Point (BEP) .....	99
<b>BAB IX KESIMPULAN .....</b>	<b>102</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>103</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>111</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>113</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Proses Sederhana Pembuatan <i>Ethylene Glycol</i> .....	5
Gambar 1.2. Flow Diagram Pembuatan Etilen Glikol dengan Proses Karbonasi..	7
Gambar 2.2 Flowsheet.....	21
Gambar 3.1. Peta Provinsi Serang dan Peta Lokasi Pabrik .....	25
Gambar 3.2 Tata Letak Pabrik .....	26
Gambar 7.1 Struktur Organisasi.....	90
Gambar 8.1. Grafik BEP Pabrik Pembuatan Ethylene Glycol.....	100
Gambar L. 5.1 Simple Bubble Column .....	374
Gambar L.5.2 Downflow Bubble Column .....	375
Gambar L.5.3 Simple Downflow Bubble Column .....	377
Gambar L.5.4 Downflow Bubble Column With Integrated .....	377
Gambar L.5.5 Downflow Upflow Bubble Column .....	378
Gambar L.5.6 Dip Tube Sparging .....	379
Gambar L.5.7 Jet Loop Reaktor .....	380
Gambar L.5.8 Tipe-tipe dari Bubble Column Reaktor.....	381
Gambar L.5.9 Dip Tube.....	382
Gambar L.5.10 Perforated .....	383
Gambar L.5.11 Porous Plate.....	384
Gambar L.5.12 Dynamic Gas Sparger .....	385
Gambar L.5.13 Hydroformilation Of Propene .....	386
Gambar L.5.14 Oxidation Of Montan Waxes In Cascade Bubble Column .....	386
Gambar L.5.15 Reaktor Tampak Dari Luar .....	398
Gambar L.5.16 Bagian-bagian Reaktor.....	399
Gambar L.5.17 Tutup Bagian Atas Reaktor.....	400
Gambar L.5.18 Bagian Silinder Reaktor .....	401

Gambar L.5.19 Tutup Bagian Bawah Reaktor .....	402
Gambar L.5.20 Nozzle Injektor.....	403

-

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Beberapa Pabrik Etilen Glikol di Dunia .....	3
Tabel 2.1 Impor Ethylene Glycol .....	17
Tabel 2.2 Perbandingan Proses Pembuatan Ethylene Glycol.....	18
Tabel 7.1. Pembagian Jam Kerja Pekerja Shift .....	84
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan.....	87
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal .....	94
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	100
Tabel L.4.1.Indeks Harga Tahun 1987-202.....	366
Tabel L.4.2.Indeks Harga Tahun 2003-2018.....	366
Tabel L.4.3.Daftar Harga Peralatan Tahun 2020 .....	367
Tabel L.4.4.Daftar Gaji Karyawan Per Bulan .....	371



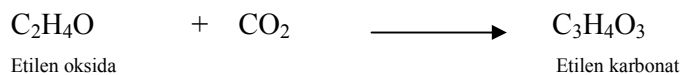
## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Perhitungan Neraca Massa.....	113
Lampiran 2 Perhitungan Neraca Panas .....	147
Lampiran 3 Perhitungan Spesifikasi Peralatan.....	205
Lampiran 4 Perhitungan Ekonomi .....	366
Lampiran 5 Tugas Khusus.....	374

## INTISARI

Pabrik pembuatan *Ethylene Glycol* direncanakan berlokasi di daerah Serang, Banten. Pabrik ini meliputi area seluas 7 Ha dengan kapasitas 320.000 ton per tahun.

Proses pembuatan Etilen glikol dilakukan melalui proses karbonasi *Ethylene Oxide* dengan *Carbondioksida* menjadi *Ethylene Carbonat* yang berlangsung di Reaktor (R-01) pada temperatur 125°C dan tekanan 24 atm dengan reaksi sebagai berikut :



*Ethylene Carbonat* kemudian dihidrolisis lebih lanjut menjadi produk *Ethylene Glycol* di Reaktor (R-02) pada temperatur 140°C dan tekanan 3,9 atm dengan reaksi sebagai berikut:



kemudian dimurnikan melalui proses distilasi.

Pabrik ini merupakan perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff*, yang dipimpin oleh seorang direktur utama dengan jumlah karyawan 218 orang.

Berdasarkan hasil analisa ekonomi, maka Pabrik Pembuatan Etilen Glikol ini dinyatakan layak didirikan. Dengan analisa Ekonomi berikut:

- *Annual Cash Flow* (ACF) : US \$ 82.636.321,04
- *Total Capital Investment* (TCI) : US \$ 85.866.877,19
- *Total Production Cost* : US\$ 808.999.712,40
- *Selling Price* : US \$ 2.413.770.785
- *Rate of Return Investment* : 88,503%
- *Break Event Point* (BEP) : 35,17%
- *Pay Out Time* (POT) : 1,5 tahun
- *Service Life* : 11 tahun

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan taraf hidup warga negara Indonesia saat ini dalam proses pelaksanaan. Oleh karena itu, pemerintah telah berupaya melakukan pembangunan di setiap bidang-bidang kehidupan. Salah satunya yaitu pembangunan, adalah pembangunan industri kimia di Indonesia. Indonesia sebagai negara yang sedang berkembang, pembangunan industri di negara ini sangat pesat dan saat ini telah berdiri industri-industri baru yang berskala kecil maupun berskala besar. Hal ini juga didukung oleh sumber daya alam dan sumber daya manusia yang sangat berlimpah di Indonesia. Dengan pemanfaatan yang lebih optimal, pembangunan industri tersebut akan semakin pesat lagi.

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. Oleh karena itu, dalam skripsi ini penulis berusaha memberikan sumbangan pikiran yang diharapkan dapat diharapkan berguna untuk pengembangan industri kimia di Indonesia.

## **1.2. Sejarah dan Perkembangan**

Sejarah pabrik etilen glikol ini dimulai dari seorang kimiawan Perancis bernama Charles-Adolphe Wurtz, pada tahun 1859, yang pertama kali membuat etilen glikol. Ia menggunakan reaksi saponifikasi dengan mencampur etilen glikol diasetat dengan kalium hidroksida dan tahun berikutnya dibuat dengan reaksi hidrasi etilen oksida. Namun, belum ada aplikasi untuk senyawa ini yang telah disempurnakan sebelum Perang Dunia I. Selama Perang Dunia I, etilen glikol mulai disintesis dari etilen klorida dan digunakan untuk menggantikan gliserol pada bahan peledak tertentu, selain itu juga digunakan sebagai pendingin.

Setelah Perang Dunia I, etilen glikol akhirnya diproduksi secara komersial oleh *Carbide* dan *Carbon Chemicals Co.* (sekarang disebut *Union Carbide Corporation*). Setelah 10 tahun kemudian, senyawa ini biasa dipergunakan oleh pabrik dinamit. Pada tahun 1937, *Carbide* membuka pabrik manufaktur baru berdasarkan reaksi oksidasi etilen dengan etilen oksida, yang kemudian dikonversi menjadi etilen glikol yang direaksikan dengan air. Pada waktu itu, etilen oksida merupakan senyawa yang tersedia dengan harga murah sebagai bahan sintesis. Monopoli *Carbide* berakhir pada tahun 1953, ketika proses ini ditawarkan untuk lisensi. Untuk mempercepat proses dan meningkatkan hasil, dapat digunakan katalis baik asam maupun basa, tetapi proses ini juga dapat terjadi pada pH netral.

Produk sampingnya termasuk oligomer etilen glikol, di antaranya seperti dietilen glikol, trietilen glikol dan tetraetilen glikol.

Sebuah proses terbaru yang baru saja dikembangkan oleh Shell disebut proses OMEGA. Proses ini mengkonversi etilen oksida ke etilen karbonat dengan reaksi menggunakan karbon dioksida, kemudian diikuti oleh reaksi dengan air untuk menghasilkan etilen glikol, dengan sintesis rendah oleh produk. Ini adalah proses produksi dimana karbon dioksida dilepaskan selama proses kedua dan dimasukkan kembali ke dalam proses (Reis, 2013).

Berikut daftar beberapa pabrik etilen glikol yang ada di dunia.

**Tabel 1.1. Beberapa pabrik etilen glikol di dunia**

<b>Perusahaan</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
Union Carbide	AS	915.000
Farmosa Plastics	AS	300.000
Clariant	Jerman	100.000
BASF	Jerman	15.000
Eni Chem	Italia	5.000
Shell Chemical	Belanda	130.000
Union Carbide	Inggris	200.000
PT Polychem	Indonesia	216.000
Nippon Shokubai	Jepang	210.000
Singapura	Singapura	125.000

Di Indonesia, kebutuhan nasional etilen glikol pada tahun 2013 adalah sebesar 406.995 ton/tahun. Kebutuhan etilen glikol di Indonesia salah satunya dipasok oleh PT Polychem Indonesia Tbk, yang merupakan pabrik pertama dan satu-satunya di Asia Tenggara yang memproduksi etilen oksida, etilen glikol, dan etoksilat dengan lisensi dari Scientific Design Inc., USA. Pabrik ini didirikan pada tahun 1993 dan memproduksi 80.000 ton/tahun kemudian pada tahun 1997 meningkat menjadi 200.000 ton/tahun hingga sekarang memproduksi 216.000 ton/tahun etilen glikol (Lestari dkk., 2015).

### 1.3. Proses Pembuatan Etilen Glikol

Berikut ini akan dijelaskan berbagai macam proses pembuatan etilen glikol yang telah dilakukan (US Patent 0072727 A1, 2013).

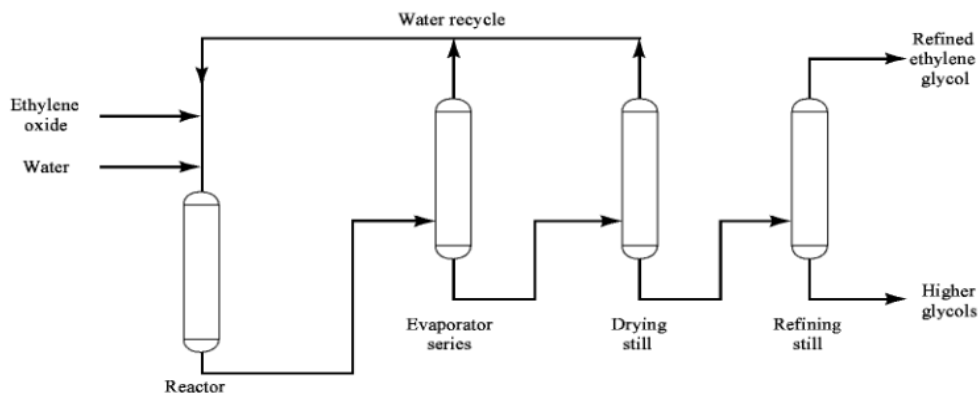
#### 1.3.1. Proses Hidrolisis Etilen Oksida (Katalis dan Non-Katalis)

Proses ini berlangsung baik dengan katalis asam, basa atau medium netral tanpa katalis. Pada hidrolisis dengan katalis asam, protonasi oksida menghasilkan etilen oksida untuk bereaksi dengan air. Reaksinya dikonduksikan dengan sejumlah besar air untuk mendapatkan selektivitas monoetilen glikol sebesar 85-90%, dimana sisanya terdiri dari dietilen glikol, trietilen glikol, serta tetraetilen glikol. Proses hidrolisis dengan katalis basa menghasilkan selektivitas yang rendah dari monoetilen glikol. Hidrolisis ini berlangsung pada pH netral (6-10) dengan jumlah air yang berlebih pada temperatur dan tekanan tinggi. Proses ini meningkatkan selektivitas dari monoetilen glikol sampai dengan 91% (Santoso dan Yunita, 2004).

Proses konversi etilen oksida (EO) menjadi etilen glikol (EG) dapat dilakukan melalui proses menggunakan katalis maupun nonkatalis. Proses yang menggunakan katalis merupakan proses pembuatan monoetilen glikol dengan mereaksikan air dan etilen oksida dalam reaktor adiabatik katalitik. Etilen oksida murni atau campuran air dengan etilen oksida (keduanya dalam fasa cair), digabungkan dengan air *recycle* dengan perbandingan mol air dengan etilen oksida 5 : 1, dikondisikan hingga mencapai kondisi yang disyaratkan dalam reaktor katalitik. Pada proses katalitik ini digunakan katalis untuk memperbesar selektivitas terhadap monoetilen glikol sekaligus mengurangi jumlah ekse air yang ditambahkan sehingga akan mengurangi kebutuhan energi dalam proses pemisahan antara monoetilen glikol dengan air yang tidak bereaksi (Mc Ketta dan Cunningham, 1984 dalam Pratiwi, 2009).

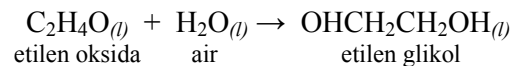
Proses nonkatalis merupakan proses hidrolisis etilen oksida dengan air yang akan membentuk monoetilen glikol dengan hasil samping berupa dietilen glikol dan trietilen glikol. Mula-mula etilen oksida murni atau campuran air dengan

etilen oksida digabungkan dengan air *recycle* dengan perbandingan mol air dengan etilen oksida adalah 20 : 1 (air dalam jumlah yang sangat berlebih digunakan untuk mencapai selektivitas monoetilen glikol yang tinggi), lalu dipanaskan sampai kondisi reaksi pada reactor tubular, untuk diubah menjadi monoetilen glikol dengan hasil samping berupa dietilen glikol dan trietilen glikol (Mc Ketta dan Cunningham, 1984 dalam Pratiwi, 2009). Air berlebih pada proses ini dihilangkan dengan menggunakan evaporator dan etilen glikol dimurnikan dengan distilasi vakum (Kirk dan Othmer, 1990 dalam Pratiwi, 2009).

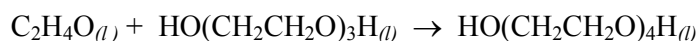
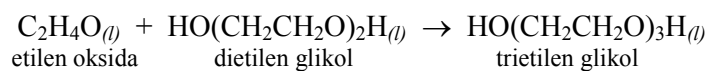
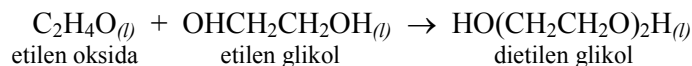


**Gambar 1.1.** Proses Sederhana Pembuatan Etilen Glikol  
(Kirk dan Othmer, 1990 dalam Pratiwi, 2009)

Kedua proses ini menggunakan destilasi untuk pemurnian etilen glikol (EG) yang terbentuk dan menghasilkan DEG (dietilen glikol), trietilen glikol (TEG) serta tetraetilen glikol sebagai produk samping (Santoso dan Yunita, 2004). Pembuatan etilen glikol diperoleh melalui reaksi hidrasi etilen oksida tanpa katalis sebagai berikut. Reaksi utama:



Reaksi samping:



etilen oksida                      trietilen glikol                      tetraetilen glikol

Proses hidrolisis dengan non-katalis memiliki beberapa kekurangan yaitu (US Patent 0072727 A1, 2013):

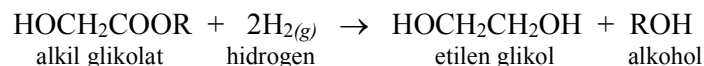
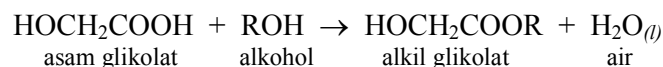
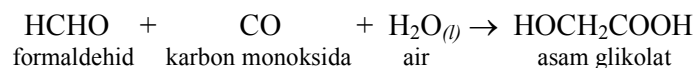
1. Rasio air yang tinggi (misalnya rasio molar antara air (H<sub>2</sub>O) terhadap etilen oksida adalah sampai dengan 22:1)
2. Konsumsi energi yang tinggi
3. Selektivitas etilen glikol yang rendah (< 89%).

Kelebihan proses hidrolisis dengan katalis yaitu:

1. Rasio air dalam proses hidrasi katalitik adalah 3-10
2. Selektivitas etilen glikol adalah kurang dari 96%.

### 1.3.2. Proses Hidrogenolisis

Pada proses ini, etilen glikol diproduksi melalui reaksi antara formaldehid dengan karbon monoksida dan menghasilkan asam glikolat. Asam glikolat ini selanjutnya diubah menjadi etilen glikol dengan cara esterifikasi dan hidrogenolisis, dengan reaksi sebagai berikut:



Proses ini tidak lagi digunakan karena tidak ekonomis, dilihat dari segi biaya produksi (Santoso dan Yunita, 2004).

### 1.3.3. Proses Halcon

Proses ini dilakukan dengan cara oksidasi etilen dan hidrolisis asetat. Katalis yang digunakan dalam asam asetat yaitu tellurium oksida untuk menghasilkan etilen glikol monoasetat dan diasetat. Proses ini menimbulkan permasalahan korosi dan memerlukan kebutuhan utilitas yang besar, sehingga tidak lagi digunakan (Santoso dan Yunita, 2004). Reaksi proses Halcon adalah sebagai berikut:

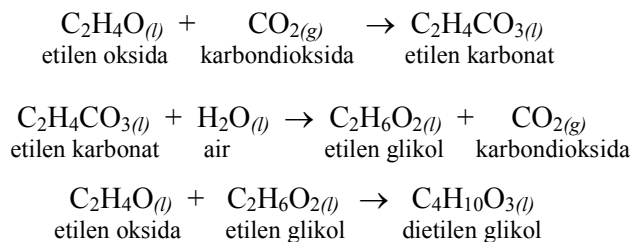




### 1.3.5. Karbonasi Etilen Oksida dan Hidrolisis Etilen Karbonat

Proses hidrolisis etilen karbonat untuk menghasilkan etilen glikol terdiri atas dua proses yang berbeda. Proses pertama yaitu menghidrolisis etilen karbonat sebagai bahan baku langsung yang direaksikan dengan air berlebih yang hanya akan menghasilkan etilen glikol. Sedangkan proses lainnya yaitu hidrolisis etilen karbonat sebagai bahan baku intermediet yang terlebih dahulu dihasilkan dari reaksi etilen oksida dengan karbon dioksida. Jika etilen karbonat intermediet tersebut direaksikan dengan air berlebih, maka selain menghasilkan etilen glikol, juga akan menghasilkan produk samping berupa dietilen glikol dan trietilen glikol (Santoso dan Yunita, 2004).

Reaksi yang terjadi pada proses hidrolisis etilen karbonat sebagai bahan baku intermediet adalah sebagai berikut:



Keuntungan proses ini dibanding dengan hidrolisis etilen oksida non-katalis dan proses hidrolisis dengan katalis (US Patent 0072727 A1, 2013), antara lain:

1. Kondisi reaksi moderat dan konsumsi energi yang rendah
2. Rasio air rendah (air : etilen oksida = 1,5:1 untuk 1,1:1)
3. Selektivitas etilen glikol yang tinggi (mencapai 99%)

Perusahaan internasional seperti DOW, Texaco, Halcon-SD, Nippon Shokubai dan Jepang-Mitsubishi telah melakukan penelitian terkait proses tersebut. Proses ini mewakili arah perkembangan produksi etilen glikol.

Karena etilen oksida mudah terbakar, explosive, dan toksit, efisiensi konversi etilena oksida yang tinggi untuk menghasilkan etilen karbonat menjadi hal penting pada reaksi karbonasi. Katalis untuk memproduksi etilen karbonat yang telah digunakan antara lain katalis jenis homogen dan heterogen. Contoh katalis homogen adalah dari golongan halida logam alkali tanah (U.S. Pat. No. 2,667,497, CN1926125A), transisi logam kompleks, logam Schiff alkali kompleks

(CN1416952, CN1415416), organik dasar (seperti DMF dan DBAP) (J. Org. Chem. 2003, 68, 1559), timah organik, senyawa germanium atau telurium (JP57-183784), cairan ionik seperti garam kuarter amonium (seperti tetrabutylammonium bromida, tetrabutylammonium klorida atau tetrabutylammonium iodida) (U.S. Pat. No. 2,773,070), garam imidazolium (seperti 1-butyl-3-metilimidazolium bromida, bromida 1-etil-3-metilimidazolium) (CN200310121060.0), garam fosfonium kuarter (seperti tetrabutyl fosfonium iodida, triphenylmetil fosfonium iodida dan triphenylbenzil fosfonium klorida) (CN1308046A, CN 1161320A, JP58-126884, JP200143563A). Adapun contoh katalis heterogen, antara lain senyawa basa padat (seperti  $MgO-Al_2O_3$ ) (J. Am. Chem. Soc. 2001, 121, 11498, CN101265253), molekul saringan (J. Phys. Chem. B 2005, 109, 2315-2320), resin pertukaran anion yang mengandung garam kuarter ammonium (JP3-120270), dan *heteropolyacid* berdasarkan tungsten oksida atau molibdenum oksida dan senyawa garam yang terbentuk darinya (JP7-206847).

Katalis untuk hidrolisis etilen karbonat yang telah digunakan adalah katalis homogen garam imidazolium asam (seperti  $HSO_4$  dan  $H_2PO_4$ ) (CN1978415A), dan didukung garam imidazolium dasar (seperti PS OH dan PS  $HCO_3$ ) (CN101456792, J. Mol. kucing. J: Chem. 2008, 279(2): 230-234). Untuk proses dengan sistem katalitik, katalis ini memiliki kekurangan, seperti:

1. Aktivitas katalis yang rendah
2. Stabilitas yang rendah
3. Kondisi reaksi yang tidak baik,
4. Katalis dari pelarut organik yang beracun
5. Biaya yang mahal.

Di sisi lain, dalam proses etilen karbonat saat ini, katalis untuk proses karbonasi dan katalis untuk proses hidrolisis umumnya digunakan secara terpisah atau berbeda. Jika katalis awal digunakan dalam dua proses ini, sangat sulit untuk menjadi kompatibel (bersesuaian). Teknologi proses sebelumnya secara langsung mengakibatkan:

1. Pemisahan katalis kompleks, yang mengarah ke proses pemisahan kompleks yang sesuai

2. Konsumsi energi yang tinggi
3. Berpengaruh pada kualitas produk etilen glikol.

Maka dari itu, perkembangan katalis selanjutnya diharuskan untuk memenuhi sifat-sifat, seperti murah, efisiensi yang tinggi, komposisi yang sederhana, dan bersahabat dengan lingkungan (US Patent 0072727 A1, 2013).

#### 1.4. Sifat – Sifat Fisika dan Kimia

##### 1.4.1. Bahan Baku

###### 1. Etilen Oksida

###### Sifat Fisika

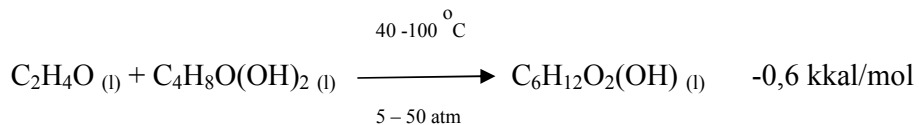
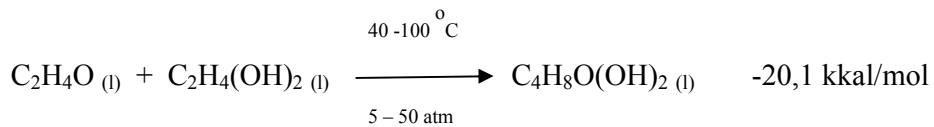
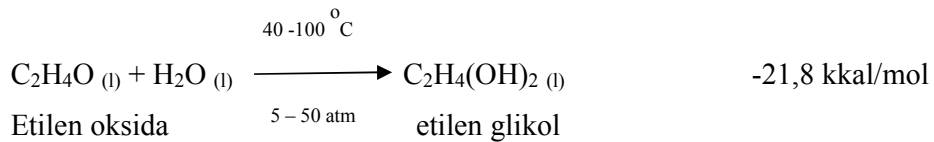
Rumus kimia	: $C_2H_4O$
Berat molekul	: 44,052 g/mol
Wujud	: gas pada temperatur ruangan
Titik didih	: $10,4^{\circ}C$
Titik leleh	: $-112,5^{\circ}C$
Titik beku	: $-111,69^{\circ}C$
<i>Specific gravity</i> ( $10^{\circ}C$ )	: 0,82 (CAS 75-21-8)
Viskositas ( $4^{\circ}C$ )	: 0,31 cP
pH (100 g/L dalam air)	: 7 (netral)
Temperatur kritis	: 469 K ( $195,8^{\circ}C$ )
Tekanan kritis	: 7,2 MPa
<i>Flash point (tag closed cup)</i>	: $-57^{\circ}C$
Densitas (Pada suhu $10^{\circ}C$ )	: 0,8826 g/L
Kalor jenis ( $20^{\circ}C$ )	: 0,44 kal/g $^{\circ}C$
Kalor uap (1 atm)	: 136,1 kal/g (EPA, 1986; Pratiwi, 2009)
Panas pelarutan ( $25^{\circ}C$ )	: 142,57 kJ/kg
Panas pembakaran ( $25^{\circ}C$ )	: 29,648 kJ/kg
Volume kritis	: 142 cm <sup>3</sup> /mol
Entropi uap ( $25^{\circ}C$ )	: 5,495 kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
Entalpi penguapan ( $10,6^{\circ}C$ )	: 25,54 kJ/mol
Entalpi pembentukan ( $298^{\circ}K$ )	: 24,75 kJ/mol (Lide, 2007)

Kapasitas panas (gas) :  $3,3460 \times 10^4 + 1,2116 \times 10^5 T + 1,6084 \times 10^3 T^2 + 8,2410 \times 10^4 T^3 + 7,3730 \times 10^2 T^4$  (J/kmolK)

Kapasitas panas (liquid):  $1,4471 \times 10^5 - 7,5887 \times 10^2 T + 2,8261 T^2 - 3,0640 \times 10^{-3} T^3$

### Sifat Kimia

Sangat reaktif. Reaksinya dengan air akan menghasilkan etilen glikol, dietilen glikol, dan trietilen glikol.



(McKetta, 1985; Perry, 1997; Wiley, 2012)

## 2. Karbon Dioksida

### Sifat Fisika

Rumus kimia	: CO <sub>2</sub>
Berat molekul	: 44,0095 g/mol
Wujud	: gas tidak berwarna
Titik didih	: -78,45 °C
Titik lebur	: -57 °C
<i>Specific gravity</i> (60 F)	: 0,827
Temperatur kritis	: 31,05 °C
Tekanan kritis	: 72,8 atm
Kapasitas panas	: 0,251 kal/g °C
Densitas	: 1600 g/L (padat), 1,98 g/L (gas)
Viskositas (-78 °C)	: 0,07 cP
Panas pembentukan	: -94,052 kkal/g

Kelarutan dalam air	: 1,45 g/L
Kalor laten sublimasi	: 25,13 kJ/mol
Kapasitas panas (gas)	: $2,9370 \times 10^4 + 3,4540 \times 10^4 T - 1,4280 \times 10^3 T^2 + 2,6400 \times 10^4 T^3 + 5,8800 \times 10^2 T^4$ (J/kmolK)

#### **Sifat Kimia**

Tidak begitu reaktif dan tidak mudah terbakar. Mengalami proses deposisi (perubahan fase padat menjadi fase gas) pada suhu  $-78,51$  °C. Karbon dioksida larut dalam air dan secara spontan membentuk  $H_2CO_3$  (asam karbonat) dalam kesetimbangan dengan  $CO_2$ .

(Perry, 1997; Coulson, 2005)

### **3. Etilen Karbonat**

#### **Sifat Fisika**

Rumus molekul	: $C_2H_4CO_3$
Berat molekul	: 88,063 g/mol
Wujud	: kristal berwarna kekuningan ( $25^\circ C$ ) dan cairan tak berwarna ( $34-37^\circ C$ )
Titik didih	: $248$ °C
Titik lebur	: $36,4$ °C
Titik beku	: $36$ °C
Densitas ( $20^\circ C$ )	: 1,3288 g/mL
Flash point	: $150$ °C
Viskositas ( $40^\circ C$ )	: 1,5 cP
<i>Spesifik gravity</i>	: 1,3
Tekanan kritis	: 66,81472 atm
Temperatur kritis	: $516,85$ °C
Kapasitas panas (liquid)	: $5,5000 \times 10^2 + 4,2700 \times 10^2 T$ J/kmol K

**Sifat Kimia** (Perry, 1997; Coulson, 2005; Huntsman, 2001)

Reaksi etilen karbonat dengan air akan menghasilkan etilen glikol dan karbon dioksida:



### 1.4.2. Katalis

#### 1. 1-Etil-3-Metilimidazolium Bromida

##### Sifat Fisika

Rumus kimia	: $C_6H_{11}BrN_2$
Berat molekul	: 191,07 g/mol
Wujud	: kristal bening
Titik leleh	: 53 °C

##### Sifat Kimia

Bersifat hidrofilik. *Miscible* terhadap air, metanol, dan diklorometana. Immiscible terhadap aseton, toluen, etil asetat, butil asetat, dan dietil eter. (Merck, 2014)

#### 2. Potassium Karbonat

##### Sifat Fisika

Rumus kimia	: $K_2CO_3$
Berat molekul	: 138,21 g/mol
Wujud	: padatan berwarna putih
Titik didih	: terdekomposisi
Titik leleh	: 891 °C
Specific gravity	: 2,428
Tekanan uap	: <1 mmHg
Flash point	: non flammable
pH (138 g/L pada 25 °C)	: 11-13
Densitas (25 °C)	: 2,428 g/cm <sup>3</sup>
Bulk density	: 75-84 lb/ft <sup>3</sup>
Kelarutan (25°C)	: tidak larut dalam alkohol dan aseton
Kelarutan dalam air	: 112 g/100 mL (20°C) 156 g/100 mL (100 °C)

##### Sifat Kimia

Bersifat higroskopis

(Merck, 2014; SigmaAldrich, 2014)



### 1.4.3. Produk

#### Etilen Glikol

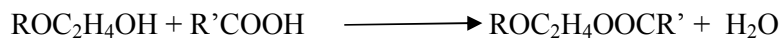
##### Sifat Fisika

Rumus kimia	: C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>
Berat molekul	: 62,068 g/mol
Wujud	: cair
Titik didih	: 197,6 °C
Titik beku	: -13°C
Titik leleh	: -12,9 °C
<i>Specific gravity</i>	: 1,115
Viskositas (20 °C)	: 19,83 cp
Temperatur kritis	: 372 °C
Tekanan kritis	: 6515 kPa
Flash point	: 244 F
Densitas (Pada suhu 25 °C)	: 1,1132 g/cm <sup>3</sup>
Viskositas (25°C)	: 20,9 cP
Panas penguapan	: 52,24 kJ/mol
Panas pembentukan (298 °K)	: -108,1 kkal/mol
Panas pembakaran	: 19,07 MJ/kg

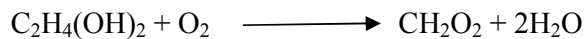
(Coulson & Richardson, 2005; Perry, 1997)

##### Sifat Kimia

Eter dari monoetilen glikol dapat membentuk ester. Reaksinya:



Dapat mengalami oksidasi membentuk glioksal. Reaksinya:



(Vogel, 1985)

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. *Ethylene Oxide*. [http://www.Shell\\_Chemical\\_Limited.com](http://www.Shell_Chemical_Limited.com). diakses 18 Oktober 2015
- Anonim. 2007. *Carbondioxide*. <http://www.wikipedia.org/wiki/Carbondioxide>. diakses 18 Oktober 2015
- Anonim<sup>a</sup>. 2009. *Air*. <http://www.wikipedia.org/wiki/air> . diakses 18 Oktober 2015
- Bhise, Vijay dan Harold Gilman.1985. *Preparing Ethylene Glycol From Ethylene Oxide*. USA: PatentStorm4508927
- Badan Pusat Statistik.2008. *Statistika Perdagangan Indonesia*. Volume 1. Katalog 8202008. Jakarta
- Coulson & Richardson. 2005. *Chemical Engineering Volume 6 4<sup>th</sup> Edition*. Elsevier : Buitenworth - Heinemann.
- D. W. Deckwer. 1991. *Bubble Column Reactors*. John Wiley: New York.
- Felder, R. M. and Rousseau R. W. 2000. *Elementary Principles of Chemical Process, 3<sup>rd</sup> Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw - Hill International Edition.
- Perry, R. H. and Green D. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw - Hill Book Company.
- Peter, M. S. and Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 4<sup>th</sup> Edition*. New York : Mc Graw Hill International Book Co.
- Smith, J. M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6<sup>th</sup> Edition*. Singapore : Mc Graw Hill.
- Speight, G. J. 2002. *Chemical and Process Design Handbook*. Mc Graw Hill.

Treybal, R. E. 2005. *Mass Transfer Operations, 3<sup>rd</sup> Edition*. Rhode Island: McGraw -Hill Book Co.

Walas, S. M. 1988. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. USA : Butterworth Publishers.