

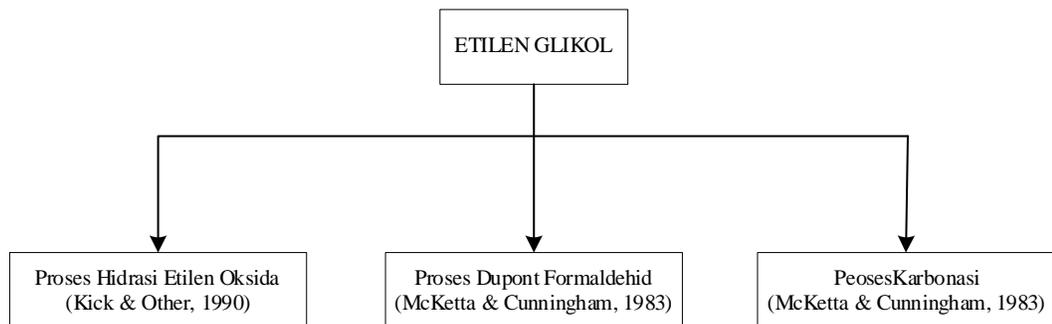


BAB II

URAIAN DAN SELEKSI PROSES

II. 1 Uraian Proses

Secara umum pembuatan etilen glikol ($C_2H_6O_2$) dapat dilakukan dengan berbagai macam proses antara lain sebagai berikut :

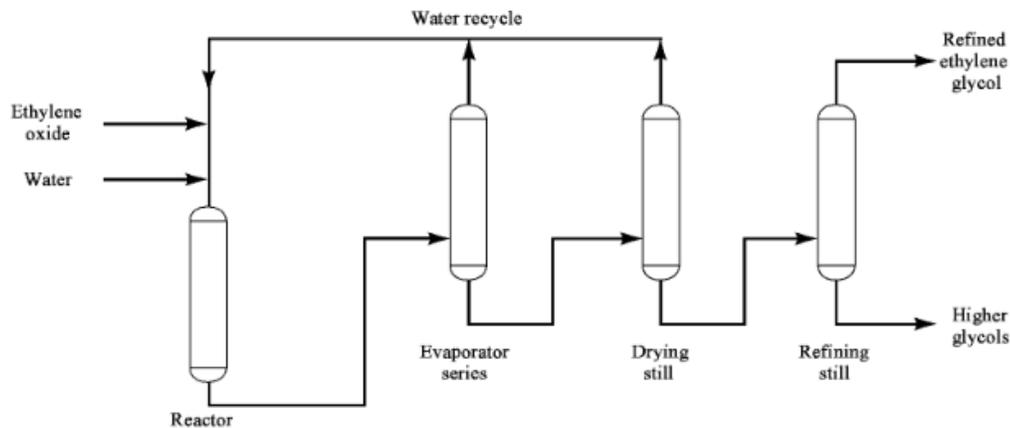


II.1.1 Proses Hidrasi Etilen Oksida

Hidrolisis etilen oksida berlangsung dengan katalisis asam atau basa atau tanpa katalis dalam media netral. Hidrolisis dengan katalis asam mengaktifkan etilen oksida melalui protonasi untuk reaksi dengan air. Hidrolisis dengan katalis basa menghasilkan selektivitas yang jauh lebih rendah terhadap etilena glikol. Hasil produk glikol yang lebih tinggi secara substansial meningkat karena anion dari produk reaksi pertama secara efektif bersaing dengan ion hidroksida untuk etilen oksida. Hidrolisis netral (pH 6-10), dilakukan dengan adanya kelebihan air yang besar pada suhu dan tekanan tinggi, meningkatkan selektivitas etilen glikol menjadi 89-91%. Kelebihan besar air dari hidrolisis dihilangkan dalam serangkaian evaporator multi-efek dan etilena glikol disempurnakan dengan distilasi vakum.



PRA RENCANA PABRIK “Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida Dan Karbon Dioksida Dengan Proses Karbonasi”



Gambar II. 1 Diagram Alur Proses Hidrasi Etilen Oksida

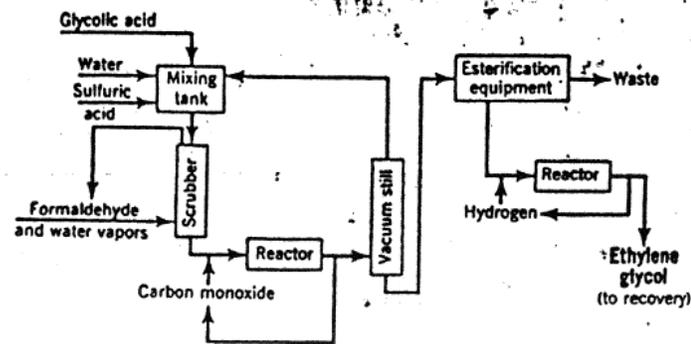
Hidrolisis etilen oksida konvensional tanpa katalis menjadi etilen glikol juga membentuk dietilen glikol, trietilen glikol, dan glikol dengan berat lebih tinggi. Selektivitas terhadap glikol yang berbeda saat ini dikendalikan dengan memvariasikan rasio air terhadap etilen oksida dengan air berlebih yang mendorong selektivitas etilen glikol. Menghilangkan kelebihan air membutuhkan energi yang intensif dan investasi modal di evaporator (Kick & Othmer, 1990).

II.1.2 Proses Dupont Formaldehid

DuPont memproduksi etilen glikol secara komersial dari karbon monoksida, Prosesnya terdiri dari reaksi formaldehida, air, dan karbon monoksida dengan katalis asam untuk membentuk asam glikolat. Asam diesterifikasi dengan metanol untuk menghasilkan metil glikolat. Reduksi selanjutnya dengan hidrogen melalui katalis kromat menghasilkan etilen glikol dan metanol (Kick & Othmer, 1990).



PRA RENCANA PABRIK “Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida Dan Karbon Dioksida Dengan Proses Karbonasi”



Gambar II. 2 Blog Diagram Proses Dupont Formaldehid

Dalam proses DuPont, formaldehida direaksikan dengan karbon monoksida dan air pada suhu sekitar 200°C dan 700 atm untuk menghasilkan asam glikolat dengan hasil teoritis $90\text{-}95\%$. Asam glikolat diesterifikasi dengan metanol dan alkil glikolat dihidrogenasi dalam fase uap pada sekitar 200°C dan 30 atm menggunakan katalis kromat untuk menghasilkan etilen glikol dan alkohol. Yang terakhir didaur ulang kembali ke langkah esterifikasi. Sebagai alternatif, hidrogenasi fase cair dimungkinkan pada tekanan hingga 400 atm menggunakan katalis oksida magnesium-tembaga. Hasil keseluruhan dilaporkan minimal 75% .

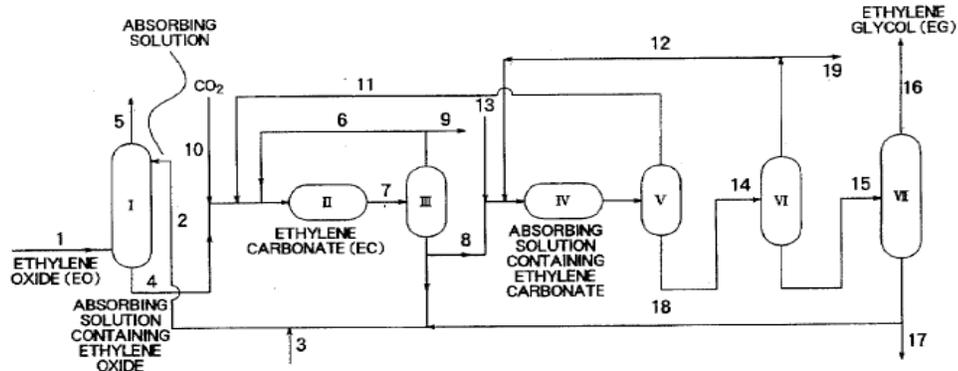
(Mcketta & Cunningham, 1983).

II.1.3 Proses Karbonasi

Etilen Glikol dapat diproduksi dengan mereaksikan etilen oksida dengan karbon dioksida membentuk etilen karbonat yang selanjutnya dihidrolisis menjadi etilen glikol. Unit oksidasi etilen dengan proses langsung menghasilkan etilen oksida yang kemudian diabsorpsi oleh suatu larutan absorben sebelum memasuki unit karbonasi. Keluaran dari menara absorpsi direaksikan dengan karbon dioksida, kemudian dikonversi menjadi etilen karbonat yang kemudian masuk ke unit hidrolisis untuk membentuk etilen glikol (Kawabe dkk, 1998).



PRA RENCANA PABRIK
“Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida Dan Karbon Dioksida Dengan
Proses Karbonasi”



Gambar II. 3 Flow Diagram Proses Karbonasi (*US. Paten Kawabe dkk, 1998*)

Diagram alir tersebut mengilustrasikan proses, komponen yang terlibat, zat inert dan sistem pembersihan (*purging system*). Proses ini terbagi atas 3 tahap utama yaitu, absorpsi etilen oksida dengan menggunakan suatu larutan absorban yang terdiri atas etilen glikol, etilen karbonat yang di-recycle dan air. Tahap kedua yaitu, proses karbonasi etilen oksida dengan CO₂. Tahap yang terakhir adalah hidrolisis etilen karbonat (*Kawabe dkk, 1998*). Keuntungan yang paling signifikan pada proses ini yaitu konversi etilen oksida menjadi etilen glikol yang hampir sempurna dimana hanya sekitar 1% dihasilkan dietilen glikol dan senyawa glikol lain (*Kick & Othmer, 1990*).



II.2 Seleksi Proses

Berdasarkan uraian macam – macam proses pembuatan Etilen Glikol yang ada didapatkan perbandingan sebagai berikut :

Parameter	Jenis Proses		
	Hidrasi Etilen Oksida	Dupont Formaldehid	Karbonasi
Bahan Baku	Etilen Oksida dan air	Formaldehida, air, karbon monoksida dan metanol	Etilen Oksida, air dan karbon dioksida
Kondisi Operasi	T = (190 – 200)°C P = (14 – 22) atm	T = 200°C P = 700 atm	T = 150 °C P = 4,5 atm
Konversi	99,8%	90%	99%
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none">• Membutuhkan air berlebih untuk mengurangi pembentukan senyawa glikol berat• Membutuhkan jumlah energi yang sangat besar untuk memanaskan air berlebih• Membutuhkan banyak tahap untuk menghasilkan etilen glikol	<ul style="list-style-type: none">• biaya penyediaan bahan baku cukup tinggi• Peralatan yang dibutuhkan cukup banyak• Kondisi operasi tinggi	<ul style="list-style-type: none">• Biaya pemurnian cukup mahal
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none">• Konversi sangat tinggi	<ul style="list-style-type: none">• Konversi cukup tinggi	<ul style="list-style-type: none">• Proses lebih sederhana dari proses lain• Kondisi operasi relatif rendah• Terhindar dari kebutuhan air berlebih• Produk samping glikol berat sedikit
Literatur	Kick & Othmer, 1990	McKetta & Cunningham, 1983	Kawabe dkk, 1998



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida Dan Karbon Dioksida Dengan Proses Karbonasi”

Berdasarkan perbandingan beberapa proses tersebut, dipilih proses karbonasi dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Prosesnya lebih sederhana dibanding proses lain
2. Kondisi operasi rendah
3. Senyawa glikol berat yang terbentuk sedikit.

Dari ketiga proses yang dijelaskan diatas, proses yang paling efektif dan efisien adalah proses karbonasi. Pada proses dupont, membutuhkan biaya yang cukup tinggi dalam hal penyediaan bahan, seperti formaldehid, air, karbon monoksida dan methanol, dan peralatan yang cukup banyak juga akan meningkatkan biaya produksi dengan proses ini. Sedangkan pada proses karbonasi hanya membutuhkan bahan yaitu etilen, oksigen dari udara, karbondioksida dan air. Juga tahapan proses yang tidak memerlukan banyak peralatan membuat proses ini lebih ekonomis dibanding proses du-pont (Kirk dan Othmer, 1990). Untuk proses dengan hidrasi etilen oksida, agar absorpsi etilen oksida dengan air maksimal, maka digunakan air dalam jumlah yang besar. Setelah prosedur absorpsi dan separasi etilen oksida, air yang digunakan dalam jumlah besar tersebut harus dipanaskan, sehingga akan membutuhkan jumlah energi yang sangat besar (Kawabe dkk, 1998).

Penggunaan air berlebih ini dilakukan untuk meminimalkan pembentukan senyawa glikol yang tinggi seperti dietilen glikol dan trietilen glikol (Bhise & Harold, 1983). Selain itu proses ini juga membutuhkan banyak tahap untuk menghasilkan etilen glikol (Kawabe dkk, 1998). Dengan menggunakan proses karbonasi, penggunaan air berlebih dapat dihindari karena proses ini menggunakan karbondioksida, dimana CO_2 ini bisa mengurangi pembentukan senyawa glikol berat, sehingga hanya memerlukan air yang lebih sedikit. Proses ini juga mereduksi beberapa peralatan mahal untuk pemurnian etilen glikol seperti stripper. Keuntungan yang lainnya yaitu kondisi operasinya lebih mudah dibandingkan dengan hidrasi etilen secara langsung (Bhise & Harold, 1983).



II.3 Uraian Proses

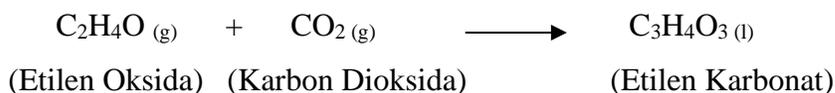
Proses produksi etilen glikol ($C_2H_6O_2$) dapat dibagi menjadi empat tahapan proses yaitu proses persiapan bahan baku, proses karbonasi, proses hidrolisis, dan proses pemurnian etilen glikol.

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi etilen glikol adalah etilen oksida dan CO_2 . Gas etilen oksida (C_2H_4O) disimpan dengan cara dimampatkan dalam bentuk liquid dalam tangki penyimpanan etilen oksida (F-110) pada tekanan 2 atm dan temperatur $30^\circ C$. Selanjutnya, liquid etilen oksida akan dialirkan serta dinaikkan tekanannya menjadi 4,5 atm dengan pompa (L-111) dan temperaturnya juga dinaikkan menggunakan heater 1 (E-112) menjadi $150^\circ C$. Bahan baku lainnya yakni liquid (CO_2) disimpan dalam tangki penyimpanan karbondioksida (F-120) dengan tekanan 70 atm dan temperatur $30^\circ C$. Liquid CO_2 lalu diturunkan tekanannya dengan ekspander 1 (N-121) menjadi 4,5 atm lalu dialirkan menuju Heater 2 (E-122) untuk menaikkan temperatur menjadi $150^\circ C$. Kemudian etilen oksida direaksikan dengan CO_2 dalam reaktor karbonasi (R-210).

2. Proses Karbonasi

Pembuatan etilen glikol dihasilkan melalui proses karbonasi etilen oksida menghasilkan senyawa intermediet yaitu etilen karbonat. Reaksi berlangsung secara eksotermik sehingga untuk menyerap kelebihan panas reaksi digunakan Reaktor Fixed bed multitube dengan Tube-In-Shell, di mana reaksi berlangsung di bagian tube dan air pendingin disirkulasi di antara tube. Reaksi yang berlangsung adalah:



Proses karbonasi berlangsung pada tekanan 4,5 atm dengan suhu operasi $80-150^\circ C$. Jika temperatur operasi terlalu rendah maka laju reaksi menjadi rendah, reaksi akan



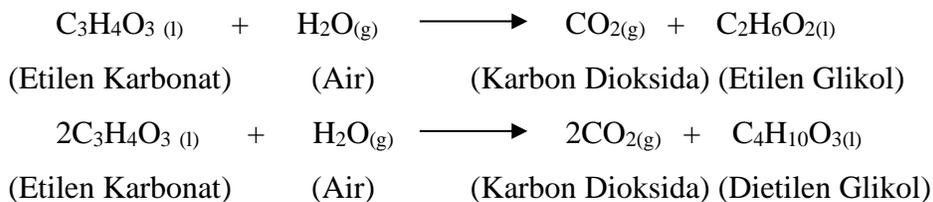
PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida Dan Karbon Dioksida Dengan Proses Karbonasi”

berlangsung sangat lama, ukuran reaktor akan lebih besar sehingga tidak ekonomis. Dari pertimbangan diatas maka suhu operasi yang digunakan adalah 150°C. Konversi reaksi etilen oksida menjadi etilen karbonat adalah 99% (Kawabe dkk, 1998). Produk dari reaktor karbonasi (R-210) berupa etilen karbonat dan sisa gas yang tidak bereaksi yaitu CO₂ dan C₂H₄O. Dimana gas sisa tersebut akan keluar melalui atas reaktor dan dialirkan menuju Flash Drum (H-230), sedangkan etilen karbonat keluar melalui bagian bawah reaktor yang akan dialirkan menuju reaktor hidrolisis (R-220).

3. Proses Hidrolisis

Pada proses hidrolisis etilen karbonat dari reaktor karbonasi (R-210) akan direaksikan dengan uap air dari air proses pada reaktor hidrolisis (R-220). Air proses mulanya masuk pada suhu 30°C kemudian dipanaskan hingga suhu 150°C menggunakan heater 4 (E-212). Etilen karbonat dari produk bawah reaktor karbonasi (R-210) akan dialirkan ke reaktor hidrolisis menggunakan pompa 2 (L-221). Kedua bahan tersebut akan diumpankan menuju reaktor hidrolisis (R-230). Konversi reaksi etilen karbonat menjadi etilen glikol mencapai 99% (Kawabe,1998). Reaksi hidrolisis berlangsung secara eksotermik. Berikut reaksi yang terjadi pada reaktor hidrolisis.



Produk yang dihasilkan pada reaktor ini adalah etilen glikol, dietilen glikol, CO₂ dan sisa etilen karbonat dan air yang tidak bereaksi.

4. Pemurnian Produk

Gas CO₂ dan sisa air yang tidak bereaksi pada reaktor hidrolisis akan diumpankan ke flash drum (H-230) untuk dilakukan pemisahan. Pemisahan pada flash drum ini dilakukan untuk memisahkan CO₂ dan C₂H₄O dari H₂O. Produk atas dari flash drum



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida Dan Karbon Dioksida Dengan Proses Karbonasi”

berupa CO_2 dan $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ akan di recycle menuju ke reaktor karbonasi (R-210).

Sedangkan produk bawah dari reaktor hidrolisis berupa etilen glikol, dietilen glikol dan sisa etilen karbonat akan dialirkan menuju kolom distilasi (D-310) dengan suhu operasi 197°C dan tekanan 1 atm. Produk atas (distilat) berupa uap etilen glikol dan sedikit dietilen glikol akan dikondensasi dengan kondensor (E-311) sehingga fasenya menjadi cair, dimana hasil kondensasi akan ditampung pada akumulator (F-312). Selanjutnya, produk dari akumulator akan dialirkan menuju cooler 3 (E-315) untuk diturunkan suhunya menjadi 30°C dan disimpan pada tangki penyimpanan produk etilen glikol (F-330). Sementara itu, Sebagian yang lain akan diumpankan kembali ke kolom distilasi sebagai refluks. Adapun produk bawah kolom distilasi berupa dietilen glikol dan sisa etilen karbonat dialirkan menuju reboiler (E-320) dengan suhu 219°C dan tekanan 1 atm. Sebagian bahan yang ada pada reboiler akan diumpankan lagi ke dalam kolom distilasi sebagai refluks untuk memaksimalkan proses pemurnian produk utama etilen glikol, sementara sebagian lainnya akan keluar dalam bentuk liquid dan dialirkan menuju cooler 4 (E-322) untuk diturunkan suhunya lalu akan ditampung dalam tangki penyimpanan produk samping dietilen glikol (F-340).