



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

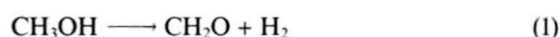
II.1 Macam-Macam Proses

Macam-macam proses pembuatan etilen glikol terdiri dari beberapa macam. Berikut adalah penjelasan mengenai pembuatan etilen glikol :

II.1.1 Proses DuPont Formaldehida

Proses DuPont formaldehida merupakan metode industri untuk menghasilkan etilen glikol melalui beberapa tahapan reaksi kimia. Pada tahap awal, formaldehida dibentuk dari oksidasi metanol sebagai bahan baku utama dalam proses ini. Selanjutnya, formaldehida direaksikan dengan karbon monoksida dan air pada suhu sekitar 200°C serta tekanan tinggi sekitar 700 atm untuk menghasilkan asam glikolat dengan efisiensi tinggi. Asam glikolat yang terbentuk kemudian mengalami proses esterifikasi dengan metanol atau alkohol lain membentuk ester glikolat sebagai senyawa antara. Tahapan ini penting karena mempersiapkan senyawa yang lebih reaktif untuk proses konversi selanjutnya.

Ester glikolat kemudian dihidrogenasi dalam fase uap pada suhu sekitar 200°C dan tekanan sekitar 30 atm menggunakan katalis kromat untuk menghasilkan etilena glikol. Produk samping berupa alkohol akan didaur ulang kembali ke tahap esterifikasi sehingga meningkatkan efisiensi proses. Selain itu, hidrogenasi juga dapat dilakukan dalam fase cair pada tekanan hingga 400 atm dengan katalis magnesium–tembaga oksida. Secara keseluruhan, proses ini mampu menghasilkan etilena glikol dengan hasil minimum sekitar 75%. Rangkaian tahapan ini menunjukkan integrasi reaksi kimia dan daur ulang bahan yang efisien dalam proses industri.



Gambar II.1 Reaksi Kimia Proses DuPont Formaldehida



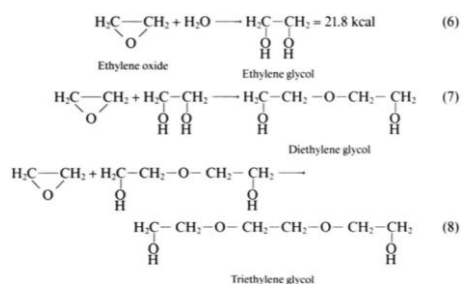
PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN PROSES HIDRASI NON KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN”

II.1.2 Proses Hidrasi Katalitik Fase Cair

Hidrasi etilen oksida dalam fase cair merupakan proses utama dalam produksi etilen glikol, di mana reaksi berlangsung antara etilen oksida dan air. Dalam rentang kondisi industri, yaitu suhu 90-200°C dan tekanan 1-30 bar, distribusi produk relatif tidak mengalami perubahan signifikan akibat variasi suhu dan tekanan. Perbedaan distribusi produk lebih dipengaruhi oleh jenis katalis yang digunakan dalam sistem reaksi. Reaksi tanpa katalis dan dengan katalis asam menunjukkan hasil yang hampir serupa, sedangkan penggunaan katalis basa cenderung meningkatkan pembentukan glikol dengan rantai lebih panjang. Selain itu, keberadaan katalis asam sangat efektif dalam mempercepat laju reaksi utama, sementara basa lebih berperan dalam mempercepat pembentukan produk samping seperti dietilena glikol dan trietilena glikol.

Penggunaan katalis asam memungkinkan proses berlangsung pada kondisi operasi yang lebih ringan, tetapi menimbulkan beberapa kendala teknis seperti sifat korosif larutan dan kebutuhan pemisahan katalis setelah reaksi. Asam sulfat sering digunakan sebagai katalis, meskipun sebagian dapat bereaksi dengan produk sehingga perlu dipisahkan menggunakan resin penukar ion. Alternatif katalis seperti asam oksalat dan asam trikloroasetat telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut, serta penggunaan resin penukar ion dalam sistem heterogen juga telah diteliti walaupun aktivitasnya lebih rendah. Selain aspek katalis, pengendalian kondisi operasi seperti rasio air terhadap etilen oksida juga sangat penting untuk meminimalkan pembentukan produk samping. Penggunaan air berlebih umumnya diterapkan untuk meningkatkan selektivitas terhadap monoetilen glikol, meskipun hal ini akan menambah beban pada tahap pemisahan.



Gambar II.2 Reaksi Kimia Proses Hidrasi Etilen Glikol



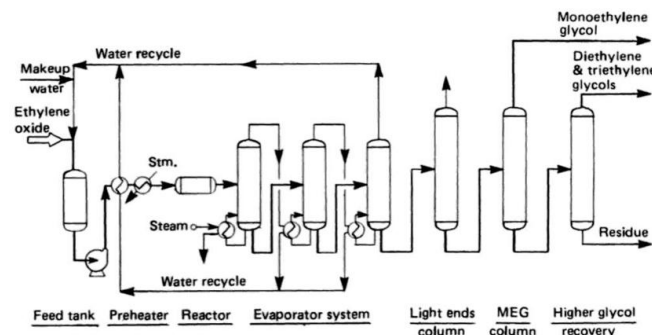
PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN PROSES HIDRASI NON KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN”

II.1.3 Proses Hidrasi Non Katalitik

Pada proses hidrasi non-katalitik, bahan baku utama yang digunakan adalah etilen oksida murni dan air murni yang telah dimurnikan sebelumnya. Kedua bahan ini dicampurkan dengan aliran air hasil daur ulang, kemudian dipanaskan menggunakan air panas dan uap sebelum dimasukkan ke dalam reaktor. Dalam sistem yang terintegrasi dengan unit produksi etilen oksida, aliran samping (*bleed stream*) dari unit oksida dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi ekonomi. Namun, penggunaan aliran ini perlu dikontrol karena dapat menurunkan kualitas produk glikol, terutama untuk aplikasi yang membutuhkan kemurnian tinggi seperti monoetilena glikol kelas serat. Pada beberapa proses industri seperti metode SD/Halcon, masalah ini diatasi dengan melakukan pemurnian terlebih dahulu terhadap aliran tersebut sebelum diproses lebih lanjut menjadi produk glikol berkualitas tinggi.

Di dalam reaktor, etilen oksida bereaksi dengan air tanpa bantuan katalis dengan waktu tinggal yang cukup untuk memastikan konversi yang optimal. Tekanan operasi diatur sedemikian rupa agar etilena oksida tetap berada dalam fase cair dan tidak menguap dari larutan. Umumnya, reaktor dioperasikan pada suhu sekitar 190-200°C dengan tekanan berkisar antara 14-22 atm, tergantung pada konsentrasi awal etilen oksida. Campuran hasil reaksi yang terdiri dari air dan glikol, kemudian dialirkan ke sistem evaporator bertingkat untuk memisahkan air dari produk. Air yang menguap dikondensasikan dan didaur ulang kembali ke tahap awal proses, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan bahan baku dan energi.



Gambar II.3 Diagram Alir Skematis Pabrik Etilen Glikol

(McKetta, 1984)



PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN PROSES HIDRASI NON KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN”

II.2 Pemilihan Proses

Beberapa proses yang dilakukan terhadap pembentukan etilen glikol dapat dibuat perbandingan sebagai berikut :

Tabel II.1 Data Perbandingan Proses Pembuatan Etilen Glikol

No.	Jenis Proses	Parameter				
		Tekanan (atm)	Suhu (°C)	Konversi (%)	Yield (%)	Biaya
1.	Proses DuPont Formaldehida	30-700	200	-	75	Tinggi
2.	Proses Hidrasi Katalitik Fase Cair	1-30	90-200	80	-	Sedang
3.	Proses Hidrasi Non Katalitik	14-22	190-200	90	-	Rendah

Berdasarkan tabel II.1, proses yang dipilih dalam pra rancangan pabrik etilen glikol adalah proses hidrasi non katalitik dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Memiliki konversi reaksi tertinggi (90%)

Proses hidrasi non katalitik memiliki konversi sebesar 90%, sehingga lebih efisien dalam mengubah bahan baku menjadi produk dan mengurangi kebutuhan *recycle*.

2. Biaya operasi relatif rendah

Tidak digunakannya katalis menyebabkan biaya operasi lebih rendah karena tidak ada kebutuhan pembelian, regenerasi, dan penggantian katalis.

3. Kondisi operasi moderat dan lebih aman

Proses berlangsung pada tekanan dan suhu moderat, sehingga peralatan lebih sederhana dan tingkat keselamatan operasi lebih tinggi.

4. Tidak memerlukan katalis sehingga proses lebih sederhana

Ketiadaan katalis membuat proses lebih sederhana karena tidak memerlukan unit tambahan seperti pemisahan dan regenerasi katalis.

5. Memberikan kombinasi optimal antara aspek teknis dan ekonomis

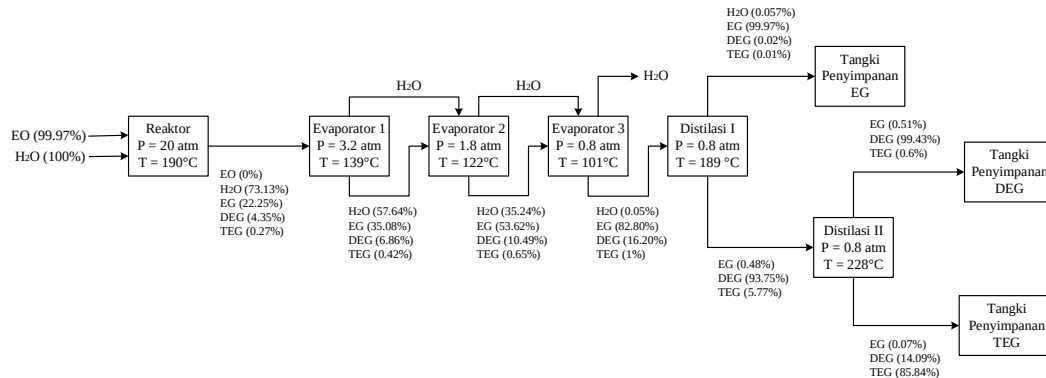


PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN PROSES HIDRASI NON KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN”

Proses ini memberikan keseimbangan terbaik antara konversi tinggi, biaya rendah, dan kemudahan operasional sehingga paling layak dipilih.

II.3 Uraian Proses



Gambar II.4 Blok Diagram Proses Produksi Etilen Glikol

Proses produksi etilen glikol terdiri atas beberapa tahapan utama sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku etilen oksida (EO) fase cair dengan kemurnian 99,97% yang diperoleh dari Shell Chemicals East (SEPC) disimpan dalam tangki penyimpanan etilen oksida (F-110) pada tekanan 1,5 atm dan temperatur 20°C. Air sebagai bahan baku kedua disimpan pada kondisi 1 atm dan 30°C yang bersumber dari air laut dan telah melalui unit pengolahan air (*water treatment*). Etilen oksida dan air dialirkan dengan perbandingan massa 1:10 menggunakan pompa 1 (L-111) dan pompa 2 (L-121) hingga mencapai tekanan 20 atm. Selanjutnya, kedua aliran dipanaskan dalam *heater* 1 (E-112) dan *heater* 2 (E-122) hingga mencapai kondisi operasi reaktor.

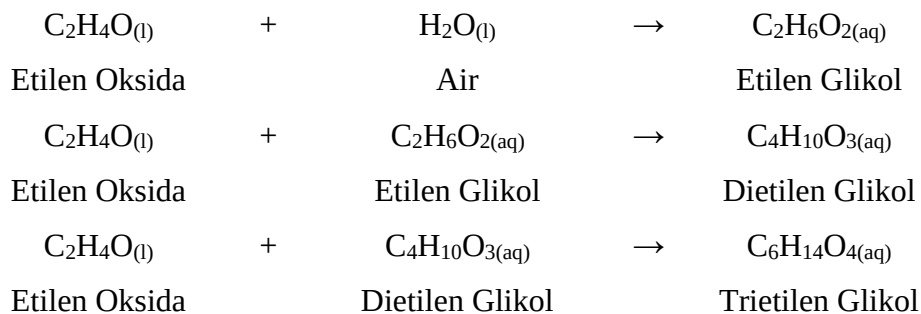
2. Tahap Pembentukan Produk

Umpan dari *heater* direaksikan dalam *tubular reactor* (R-210) yang disusun vertikal pada tekanan 20 atm dengan temperatur 190°C untuk mempertahankan fase cair dan meningkatkan konversi produk. Reaksi berlangsung secara eksotermis dengan reaksi utama dan samping sebagai berikut :



PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN PROSES HIDRASI NON KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN”



3. Tahap Pemisahan Air

Produk keluaran reaktor didinginkan dalam *cooler* 1 (E-211) hingga mencapai temperatur 136°C, kemudian tekanannya diturunkan menjadi 3 atm menggunakan *expansion valve* 1 (RV-212) dan *expansion valve* 2 (RV-213). Campuran yang terdiri dari glikol dan air, selanjutnya dipisahkan menggunakan *multiple effect evaporator* yang terdiri dari tiga tahap, yaitu evaporator 1 (V-310) yang beroperasi pada 138°C dan 3,2 atm, evaporator 2 (V-320) pada 121°C dan 1,8 atm, serta evaporator 3 (V-330) pada 99°C dan 0,8 atm. Uap air yang dihasilkan dari evaporator 3 dialirkan menuju *steam jet ejector* (G-333) dan *barometric condenser* (E-334), kemudian dikondensasikan hingga temperatur 30°C dan dimanfaatkan kembali sebagai *cooling water*. Produk bawah berupa campuran etilen glikol, dietilen glikol, trietilen glikol, dan sisa air selanjutnya dialirkan menuju *stripper* (H-400). *Stripper* berfungsi mengurangi sisa air yang masih terkandung dalam campuran glikol sehingga dapat menurunkan beban pemisahan pada tahap distilasi. Produk bawah *stripper* yang kaya akan glikol kemudian dialirkan menuju tahap pemurnian.

4. Tahap Pemurnian Produk

Pemurnian produk dilakukan melalui dua tahap distilasi. Pada distilasi tahap pertama, umpan masuk ke menara distilasi 1 (D-410) yang beroperasi pada temperatur 189°C dan tekanan 0,8 atm. Produk atas berupa etilen glikol dikondensasikan dalam kondensor 2 (E-413), ditampung dalam akumulator 1 (AC-414), dan sebagian *direct cycle*. Sisa etilen glikol dipompa menggunakan pompa 8 (L-415) menuju tangki penyimpanan etilen glikol (F-450) dengan kemurnian 99,95%.



PRA RANCANGAN PABRIK

“PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN PROSES HIDRASI NON KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN”

Produk bawah dari menara distilasi 1 berupa campuran dietilen glikol dan trietilen glikol. Campuran ini dipanaskan kembali dalam *reboiler* 2 (E-411) sebelum diproses lebih lanjut. Sebagian aliran *directcycle* ke dalam kolom distilasi untuk meningkatkan efisiensi pemisahan. Sisa aliran kemudian dialirkan menuju tahap distilasi kedua. Proses ini bertujuan untuk memisahkan komponen glikol berdasarkan perbedaan titik didih.

Pada distilasi tahap kedua, pemisahan dilakukan dalam menara distilasi 2 (D-420). Kolom ini dioperasikan pada temperatur 228°C dan tekanan 0,8 atm. Produk atas berupa dietilen glikol dikondensasikan dalam kondensor 3 (E-423) dan ditampung dalam akumulator 3 (AC-424). Sebagian produk *directcycle* ke dalam kolom untuk menjaga kestabilan operasi. Sisa dietilen glikol dipompa menggunakan pompa 11 (L-425) menuju tangki penyimpanan dietilen glikol (F-460).

Produk bawah dari menara distilasi 2 berupa trietilen glikol. Aliran ini dipanaskan kembali dalam *reboiler* 3 (E-421) untuk menjaga kondisi operasi kolom. Selanjutnya, produk menuju unit pendinginan. Pendinginan dilakukan dalam *cooler* 2 (E-427) hingga temperatur mencapai 50°C. Produk akhir kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan trietilen glikol (F-470).