



## **BAB II**

### **SELEKSI DAN URAIAN PROSES**

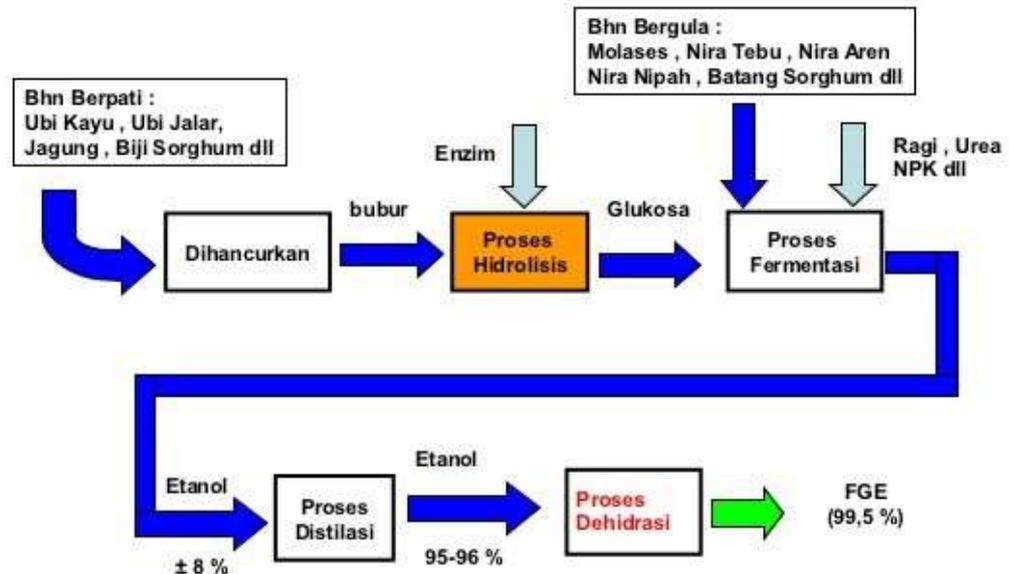
**2.1 Macam - Macam Proses** Proses pembuatan etanol ada beberapa metode yaitu:

#### **1. Fermentasi**

Bahan baku yang digunakan digolongkan menjadi 3 tipe yaitu gula: dari sugar cane, umbi (sugar beets), molasse dan buah-buahan yang dapat diubah menjadi etanol secara langsung. Pati diperoleh dari padi-padian atau kentang dimana harus dihidrolisa terlebih dahulu untuk memfermentasikan gula dengan enzim dari hasil molds. Bahan selulosa diperoleh dari kayu dan sisa pertanian dimana harus diubah menjadi gula dengan asam-asam mineral atau enzim khusus. Selulosa yang diperlukan untuk pembelahan enzimatik dari selulosa diusahakan dari *Trichoderma reesei*. Dalam limbah cairan sulfite, gula berasal dari hidrolisa selulosa dan hemiselulosa selama proses pembuatan 7 kertas. Setelah gula paling sederhana terbentuk, enzim dari yeast dapat memfermentasikan menjadi etanol. Enzim untuk fermentasi etanol mengikuti reaksi:  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2.CO_2 + 2.C_2H_5OH$  diproduksi dari yeast (ragi). Langkah fermentasi ditunjukkan oleh EMP. Monoksida (hexoses) juga untuk fermentasi. Hexoses dari molasses digunakan untuk membuat etanol, tetapi lebih ekonomis untuk memproduksi gula dari tebu dan memfermentasikan hanya bagian yang tersisa sebagai cairan encer secara rafinasi. Molasses mengandung 50 – 55 % gula. Terjadi persaingan untuk molasses sebagai bahan baku untuk fermentasi etanol dan sebagai umpan untuk persediaan hidup, sehingga harganya bervariasi, tergantung dari ketersediaan bahan baku lain dan ini berpengaruh pada jumlah yang akan difermentasikan menjadi etanol. Bahan selulosa seperti limbah tongkol jagung, kulit kapas, kulit kacang, dan bubuk gergaji dapat digunakan sebagai bahan baku etanol. Tetapi lebih ekonomis untuk membakarnya daripada mengolahnya untuk menjadi etanol.([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))



## Pra Rencana Pabrik Etanol dari Etilen dan air dengan Proses hidrasi langsung dan katalis asam phospat



Gambar 1.1 Flowsheet Dasar Proses Pembuatan Etanol dengan Fermentasi

### 2. Hidrasi Tidak Langsung

Bahan baku yang digunakan pada proses ini adalah etilena, asam sulfat, dan air. Etilena diabsorpsi oleh asam sulfat pekat membentuk mono dan dietil sulfat. Absorpsi dilakukan berlawanan arah dalam suatu reaktor, 8 kondisi operasi  $T = 80^{\circ}\text{C}$  dan  $P = 180$  psig.

Reaksi terjadi, adalah sebagai berikut:

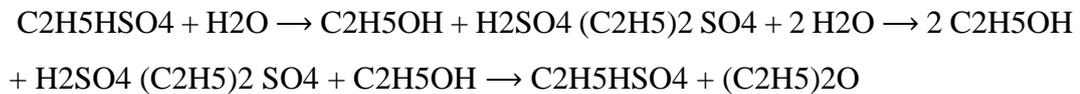


Reaksi berlangsung secara eksotermis, maka reaktor harus didinginkan. Produk keluar dari reaktor dihidrolisis menjadi etil alcohol, asam sulfat, etil eter, dan sedikit zat-zat lain.

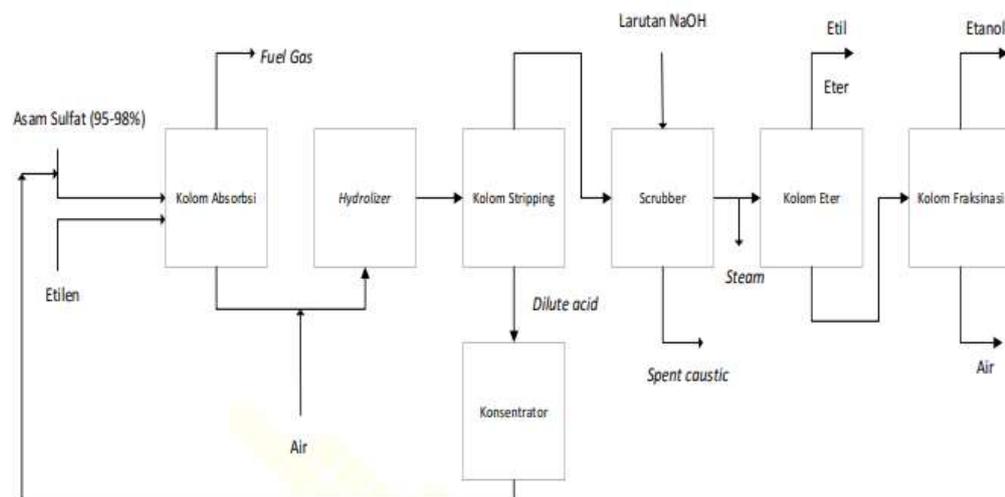


## Pra Rencana Pabrik Etanol dari Etilen dan air dengan Proses hidrasi langsung dan katalis asam phospat

Reaksi yang terjadi:



Campuran keluar dari hidroliser, dialirkan ke stripper. Produk atas stripper adalah etanol, eter, air, sedangkan produk bawah adalah asam sulfat encer, kemudian didinginkan dan dimanfaatkan kembali (recovery). Produk atas stripper, dialirkan ke scrubber. Asam sulfat dipisahkan secara netralisasi dengan larutan asam natrium hidroksida yang mengalir nerlawanan arah. Produk atas scrubber adalah etanol, eter dan air mengalir ke menara distilasi. Dari proses ini, diperoleh etanol dengan kadar 77 % berat. Pemekatan kembali cairan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  adalah operasi paling mahal dalam proses ini. Langkah ini membutuhkan panas tinggi dan karena adanya sifat korosif yang tinggi. Silumin, tantalum, dan timah hitam digunakan dalam proses ini. Alat absorpsi dan distilasi etanol dibuat dari baja ringan. Timah 9 hitam dan batu bata yang tahan terhadap asam digunakan dalam seksi hidrolisa. (Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 2, No. 3, Hal. 163–169, 2013)



**Gambar 1.2** Proses pembuatan Etanol dengan metode

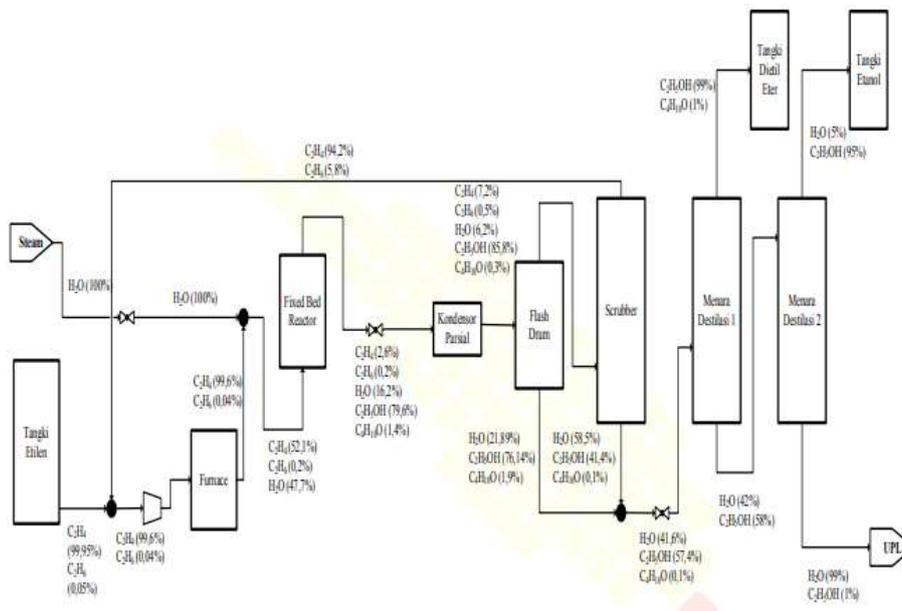
### **Hidrasi Tidak Langsung**



## Pra Rencana Pabrik Etanol dari Etilen dan air dengan Proses hidrasi langsung dan katalis asam phospat

### 3. Hidrasi Langsung Dengan Katalis

Reaksi hidrasi langsung dengan katalis ini berada dalam fase gas:  $C_2H_4 + H_2O \rightarrow C_2H_5OH$   $\Delta H = + 43,4$  kJ/mol Seperti reaksi eksotermis lainnya, katalis diperlukan untuk menyesuaikan kecepatan reaksi pada suhu rendah. Karena mekanisme reaksi melewati ion karbonium, katalis yang cocok untuk reaksi ini adalah donor proton. Yang banyak digunakan adalah  $H_3PO_4$  dengan pembawa seperti tanah diatomae, bentoine, alumina gel dan opoka. Etilen dan air bebas garam dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi  $273^\circ C$  dengan tekanan 10 atm. Karena reaksi eksotermis, gas keluar dari reaktor sekitar  $554,31^\circ C$  lebih panas. Konversi reaksi yang diperoleh cukup tinggi, yaitu 95 %. dengan menggunakan katalis asam phospat yang berdiameter 0,45 cm, kemudian dipisahkan dalam separator dimana fase uap akan di recycle ke reaktor dan fase cair diumpungkan ke menara distilasi untuk dipisahkan dan dimurnikan dan akhirnya dihasilkan etanol dengan kemurnian 96 % sebagai produk utama dan air sebagai produk samping. (Kirk & Ortmer, 1983)



Gambar 1.3 Flowsheet dasar pembuatan Etanol dengan metode Hidrasi Langsung



## Pra Rencana Pabrik Etanol dari Etilen dan air dengan Proses hidrasi langsung dan katalis asam phospat

### 2.2 Pemilihan Proses

No.	Parameter	Fermentasi	Hidrasi Tidak Langsung	Hidrasi Langsung
1.	Bahan Baku	<i>Renewable</i>	<i>Non-renewable</i>	<i>Non-renewable</i>
2.	Temperatur Operasi	20-30 °C	>190 °C	300 °C
3.	Tekanan Operasi	1 atm	10-35 atm	60 atm
4.	Yield	90%	95%	95%
5.	Konversi	50%	95%	95%
6.	Proses	Sederhana Tidak butuh katalis	Rumit Butuh katalis Proses lebih panjang Berinteraksi dengan asam kuat	Rumit Butuh katalis Proses lebih pendek Tidak ada penggunaan asam kuat
7.	Kapasitas Produksi	Kecil	Besar	Besar

Dari perbandingan ketiga proses di atas maka pembuatan etanol direncanakan dengan menggunakan proses reaksi antara etilen dan air dengan hidrasi langsung dengan katalis (proses 3) dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Suhu dan Tekanan operasi yang digunakan lebih rendah sehingga energi yang dibutuhkan lebih rendah.
- Dengan menggunakan katalisator asam phospat dapat diperoleh konversi dan tingkat kecepatan reaksi yang lebih tinggi. Dan untuk diproses hidrasi tidak langsung Pemekatan kembali cairan  $H_2SO_4$  adalah operasi paling mahal dalam proses ini. Langkah ini membutuhkan panas tinggi dan karena adanya sifat korosif yang tinggi.
- Tingkat kemurnian produk etanol yang didapatkan lebih tinggi.



## Pra Rencana Pabrik Etanol dari Etilen dan air dengan Proses hidrasi langsung dan katalis asam fosfat

---

### 2.3 Uraian Proses terpilih

Sesuai dengan pembobotan yang dilakukan sebelumnya proses terpilih adalah proses hidrasi langsung. Adapun penjelasan mengenai proses produksi etanol melalui proses hidrasi langsung ditunjukkan dalam Gambar 1.3.

#### 1. Pretreatment

Bahan etilen cair berasal dari tangki penyimpanan etilen (T-101) pada kondisi  $-25^{\circ}\text{C}$  dan tekanan sebesar 30 atm. Kemudian etilen cair akan dimasukan ke throttling valve 1 (VLV-101) sehingga tekanannya turun menjadi 10 atm. Umpan etilen *recycle* dari scrubber (C-201) akan bercampur dengan etilen umpan y

ang kemudian dinaikan tekanannya menggunakan kompresor (K-101) menjadi 60 atm agar sesuai kondisi reaktor (R-201). Selanjutnya etilen diuapkan menggunakan fired heater (E-101) sehingga etilen cair akan berubah fase menjadi gas dengan kondisi  $300^{\circ}\text{C}$  dan tekanan sebesar 60 atm. Steam dengan temperatur  $300^{\circ}\text{C}$  pada tekanan 86 akan melewati throttling valve 2 (VLV-102) sebelum diumpankan menuju reaktor (R-201), sehingga tekanannya akan turun menjadi 60 atm.

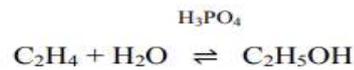
#### 2. Reaksi Produksi Etanol

Adanya kesetimbangan reaksi menyebabkan kondisi operasi memainkan peran penting dalam penentuan konversi produk etanol. Maka perlu ditentukan kondisi operasi optimum untuk memaksimalkan konversi dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang mungkin terjadi. Kondisi operasi reaktor harus diatur sedemikian rupa sehinggalahanya ada fase uap di dalam reaktor. Jika temperatur menurun atau jika rasio uap terhadap etilen lebih tinggi dari 2,6, fase cair akan mulai terbentuk. Tekanan di atas 60,2 atm tidak akan menyebabkan peningkatan konversi etanol yang signifikan. Selain itu, tekanan yang lebih tinggi tersebut akan meningkatkan biaya kompresor secara signifikan. Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor aliran sumbat isothermal (R-201). Karena mengetahui bahwa reaksinya eksotermik, jika reaktor adiabatik dipilih maka hal ini akan menyebabkan peningkatan temperatur dalam reaktor, sehingga menyebabkan penurunan konversi karena kinetika reaksi yang terjadi. Etilen beserta steam dengan rasio massa 1:1,5 dipanaskan sampai temperatur reaksi sekitar  $250-300^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 60 atm. Selanjutnya, karena reaksi berlangsung secara eksotermik keluaran reaktor memiliki temperatur yang sama dengan umpan reaktor yaitu  $300^{\circ}\text{C}$ . Untuk mempertahankan kondisi isothermal ini dibutuhkan pendinginan menggunakan media pendingin berupa *dowtherm A*. Hasil konversi reaksi pada reaktor ini sebesar 95%. Pembuatan etanol dilakukan dengan menghidrasi secara langsung etilen dengan steam. Reaksi samping

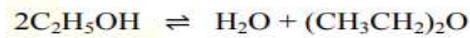


## Pra Rencana Pabrik Etanol dari Etilen dan air dengan Proses hidrasi langsung dan katalis asam fosfat

yang terbentuk dari produk etanol yang mengalami dehidrogenasi menjadi dietil eter. Katalis asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) berupa padatan digunakan agar reaksi berlangsung secara cepat. Di dalam reaktor, reaktan melewati pipa-pipa yang berisikan katalis.



Reaksi yang Terjadi:



(Kirk and Othmer, 1983)

### 3. Proses Pemisahan

Tahap pemisahan bertujuan untuk memisahkan etanol dari campuran gas yang keluar dari reaktor sehingga diperoleh produk dengan kemurnian tertentu. Gas campuran antara etilen, air, dan dietil eter dengan temperatur yang tinggi keluar dari reaktor, selanjutnya akan dilanjutkan menuju kondensor parsial (E-201) dan diumpankan menuju Knock Out Drum (V-201). Gas yang dihasilkan dialirkan menuju scrubber (C-201), dimana terjadi penyerapan gas menggunakan air. Gas etilen yang tidak terserapakan diumpankan kembali ke mixing point (M-101) dengan *recycle gas*. Sedangkan gas yang terserap air menghasilkan campuran larutan yang akan diumpankan menuju mixing point 2 (M-201) dan bercampur dengan produk bawah Knock Out Drum (V-201) sebelum akhirnya memasuki menara destilasi 1 (C-301) untuk melakukan pemisahan produk samping dietil eter. Produk atas menara destilasi 1 (C-301) berpacampuran dietil eter-etanol akan dipompa menuju tangki penyimpanan produk dietil eter (T-301), sedangkan produk bawah menara destilasi 1 (C-301) berupa campuran etanol-air akan dimurnikan menggunakan menara destilasi 2 (C-302) agar kemurnian etanol naik dan sesuai dengan konsentrasi yang dibutuhkan pasaran. Hasil atas menara destilasi 2 (C-302) berupa gas yaitu etanol dan air akan diembunkan menggunakan kondensor (E-303) sehingga fase berubah dari gas menjadi cair. Kemudian ditampung dalam akumulator (V-302) dimana sebagian produk direfluks ke dalam menara destilasi dan sebagian lagi menjadi produk etanol yang sebelumnya didinginkan dahulu menggunakan *cooler* (E-304). Campuran azeotrop etanol-air terjadi pada 95% (w/w) etanol dan 5% (w/w) air pada temperatur  $78^\circ\text{C}$ , sehingga pada destilat akan dihasilkan campuran azeotrope etanol-air dengan kemurnian etanol 95% pada proses ini. Kondisi operasi pada menara destilasi 2 (C-302) adalah tekanan 1,1 atm dengan temperatur *feed*  $90^\circ\text{C}$ . Terakhir produk disimpan dalam tangki penyimpanan etanol (T-302). Hasil bawah menara destilasi 2 (C-302) berupa cair akan dipanaskan dalam *reboiler* (E-305). Hasil atas *reboiler* berupa gas akan di *recycle* kembali menuju Menara.



## Pra Rencana Pabrik Etanol dari Etilen dan air dengan Proses hidrasi langsung dan katalis asam phospat

### Flowheet

