



BAB II

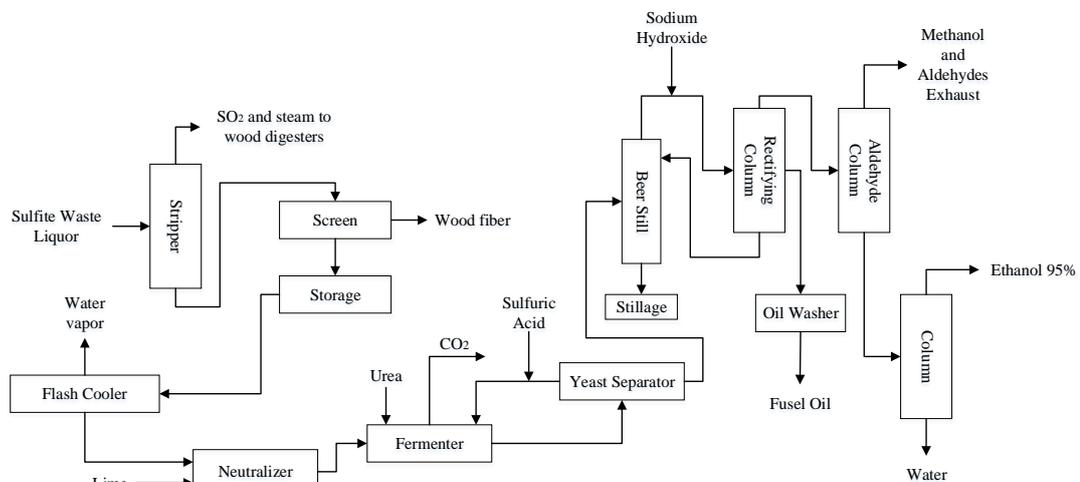
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1. Macam Proses

Beberapa tahun perkembangan dalam teknologi, pembuatan etanol dapat dilakukan dengan esterifikasi fase cair etanol dan asam asetat dengan katalis seperti *sulfuric acid* (H_2SO_4). Jenis proses untuk mereaksikan kedua bahan tersebut dapat melalui proses *batch* dan *continuous*. Adapun dalam pembuatan etanol terdiri dari beberapa macam proses, diantaranya adalah sebagai berikut :

- Pembuatan etanol dengan proses fermentasi
- Pembuatan etanol dengan proses *indirect hydration* (sama dengan esterifikasi)
- Pembuatan etanol dengan proses *catalytic hydration*

II.1.1. Pembuatan Etanol dengan Proses Fermentasi



Gambar II. 1 Diagram Alir Proses Fermentasi

(Keyes, 1996)

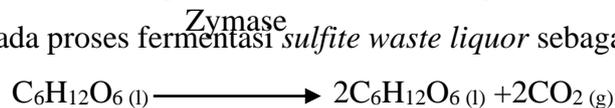
Sulfite waste liquor mengandung banyak gula derivasi dari kayu, dimana hal tersebut dapat dikonversikan menjadi *ethyl alcohol* dengan bantuan *yeast*. Sisa liquor dari produksi kertas disebut dengan *sulfite waste liquor*, dimana pada



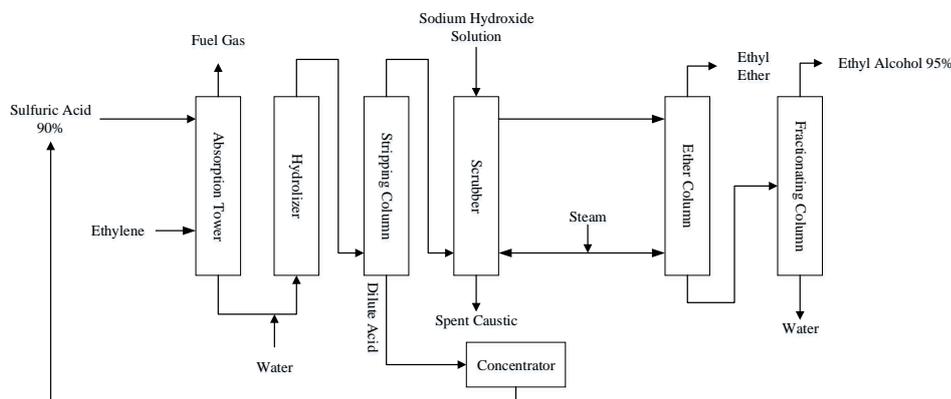
Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Etanol dari Ethylene dengan Metode *Indirect Hydration and Double Stage Hydrolizer*”

proses pembuatannya lembaran kayu tipis (*wood chips*) dimasak pada larutan kalsium bisulfit encer dan asam sulfat selama 8 hingga 10 jam pada suhu 135°C dan tekanan 80 s/d 100 psi.

Sulfite waste liquor banyak mengandung lignin dan gula terlarut, dimana gula tersebut terbentuk dari hidrolisa asam suatu hemiselulosa yang terdapat pada kayu (dengan kadar 2% s/d 2,5%). *Sulfite waste liquor* yang awalnya bersuhu 90°C harus di dinginkan hingga suhunya mencapai 30°C. Perlunya penambahan urea pada proses fermentasi dimaksudkan sebagai supply nitrogen untuk yeast, dan pada akhir proses fermentasi yang berlangsung selama 20 jam dihasilkan alkohol dengan kadar 95% dengan *yields* reaksi mencapai 90%. Adapun reaksi yang berlangsung pada proses fermentasi *sulfite waste liquor* sebagai berikut:



II.1.2. Pembuatan Etanol dengan Proses Indirect Hydration



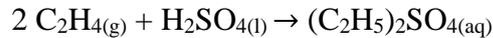
Gambar II. 2 Diagram Alir Proses Indirect Hydration

(Keyes, 1996)

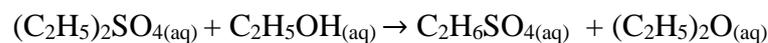
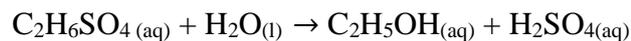
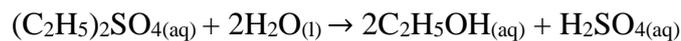
Pada proses *indirect hydration*, bahan baku yang digunakan adalah gas *ethylene* dan *sulfuric acid* 96% - 98%. Proses kontak antara kedua bahan adalah dengan metode absorpsi, dimana gas *ethylene* dilewatkan pada bagian bawah reaktor, dan larutan *sulfuric acid* dilewatkan pada bagian atas reaktor sehingga terjadi kontak secara *counter – current* (berlawanan arah). Adapun reaksi yang



terjadi saat pengontakkan etilen dengan asam sulfat untuk membentuk *monoethyl sulfate* dan dietil sulfat tertulis sebagai berikut :



Suhu operasi berlangsung pada temperature 80°C dengan tekanan 180 psig s/d 200 psig. Proses reaksi berlangsung secara eksotermis sehingga dibutuhkan pendinginan yang dimaksudkan untuk menjaga temperatur serta mengurangi efek korosi. Absorbat yang mengandung campuran etil sulfat akan terhidrolisis dengan penambahan air. Campuran yang terhidrolisis akan terpisah pada kolom stripping dimana larutan asam sulfat yang berkonsentrasi rendah (sekisar konsentrasi 60%) akan keluar pada bottom, dan gas campuran air-eter-alkohol akan keluar pada bagian atas kolom stripper. Adapun reaksi hidrolisis yang terbentuk sebagai berikut:

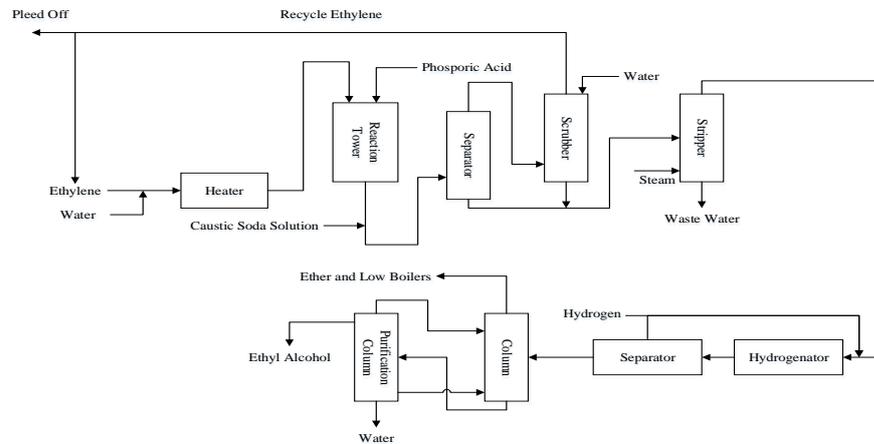


Setelah itu campuran air-eter-alkohol akan dicuci dengan air atau bisa pula dengan NaOH konsentrasi rendah untuk menghilangkan *impurities* pada produk. Kemudian produk yang telah dicuci dialirkan menuju menara distilasi untuk dimurnikan kembali. Produk yang keluar menara distilasi berupa etanol dengan kadar 95% (Carson, 1981).

II.1.3. Pembuatan Etanol dengan Proses Catalytic Hydration



Pra Rencana Pabrik
 “Pabrik Etanol dari Ethylene dengan Metode *Indirect Hydration and Double Stage Hydrolizer*”



Gambar II. 3 Diagram Alir Proses Catalytic Hydration

Merupakan metode sintesis alkohol yang paling terbaru dengan menggunakan katalis asam fosfat. Dimana aliran olefin yang mengandung 97% etilen akan di kompresi hingga tekanan 1000 psig dan dikombinasikan dengan aliran dari etilen yang mengandung 85% w/w. Dimana bahan akan direaksikan hingga temperature 570°F pada reaktor *gas-fired furnace*. Dengan kadar *yield* yang dihasilkan sebesar 95%. Adapun reaksinya sebagai berikut:



(Keyes, 1996)

II.2. Pemilihan Proses

Berdasarkan uraian macam proses diatas, maka perbandingan masing-masing proses dapat dilihat pada tabel II.1.

Tabel II. 1 Perbandingan Proses Pembuatan Etanol

Parameter	Macam Proses		
	Fermentasi	<i>Indirect-Hydration</i>	<i>Catalytic Hydration</i>
Bahan Baku Utama	<i>Sulfite waste liquor</i> dari limbah industri kertas	Gas <i>Ethylene</i>	Gas <i>Ethylene</i> didapat dari senyawa hidrokarbon
Proses	Fermentasi memerlukan	Berlangsung pada tekanan 180 psig -	Bertekanan tinggi pada saat merubah



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Etanol dari Ethylene dengan Metode *Indirect Hydration and Double Stage Hydrolizer*”

	waktu yang lama yaitu hampir 20 jam. Juga perlu mengkondisikan mikroorganisme agar tidak terkontaminasi mikroorganisme lain pada saat proses fermentasi berlangsung	200 psig, pada suhu 80°C	olefin menjadi etilen (1000 psig), butuh furnace dengan suhu mencapai 570°F
Biaya	Cukup murah karena bahan baku merupakan limbah yang dapat dimanfaatkan	Pada proses <i>recycle</i> asam sulfat memerlukan biaya operasional yang besar	Cukup besar karena tekanan dan bahan bakar yang dibutuhkan cukup besar
Konversi	90%	95%	95%

Maka, dapat disimpulkan dari uraian diatas, maka dipilih pembuatan ethanol dengan proses *indirect hydration*, karena pertimbangan sebagai berikut:

1. Konversi yang dihasilkan cukup tinggi yaitu mencapai angka 95% dan memenuhi target pasar (*Ethyl Alcohol Industrial Grade*)
2. Proses tidak membutuhkan waktu lama dan tidak berlangsung pada suhu yang cukup tinggi
3. Bahan baku dapat di *recycle*, sekitar 60% *recovery* untuk asam sulfat dan 30% untuk gas *ethylene*, sehingga dapat menghemat biaya bahan baku tiap tahunnya

II.3. Uraian Proses

Pra rencana pabrik ethanol ini, dapat dibagi menjadi 3 unit pabrik, dengan pembagian :

- a. Unit Pengendalian Bahan Baku Kode Unit : 100



Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Etanol dari Ethylene dengan Metode *Indirect Hydration and Double Stage Hydrolizer*”

- b. Unit Proses Kode Unit : 200
c. Unit Pengendalian & Pemurnian Produk Kode Unit : 300

Adapun uraian proses pembuatan ethanol dengan proses ini adalah sebagai berikut : Pertama – tama H_2SO_4 98% dari tangki penyimpanan H_2SO_4 (F – 110) dipompa menuju ke akumulator (F–112) untuk distabilisasi terlebih dahulu dan di pompa menuju *heater* (E–114) untuk memenuhi *temperature inlet* reaktor hingga akhirnya masuk ke bagian atas reaktor (R–210) dan secara bersamaan gas *ethylene* dari tangki penyimpanan *ethylene* (F–120) yang sudah distabilkan pada akumulator (F–122) dan kompresor (G–123) untuk memenuhi *pressure inlet* reaktor yang kemudian dipanaskan pada *heater* E–124, kemudian *ethylene* diumpankan melalui bagian bawah reaktor R–210, sehingga terjadi kontak secara berlawanan arah (*counter–current*) dengan fase gas-cair, dimana gas *ethylene* akan bergerak dari bawah keatas dan asam sulfat akan mengalir dari atas kebawah, dengan reaksi antara keduanya yang berlangsung secara eksotermis pada suhu 80°C dan tekanan 13,4 atm. Bagian dalam reaktor R–210, dilengkapi *packing* jenis *rasching ring* (silinder) yang berfungsi untuk memperbanyak dan memperluas kontak antara gas dan liquida didalam reaktor. Reaksi yang terjadi :

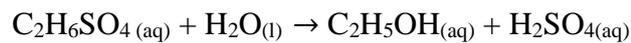
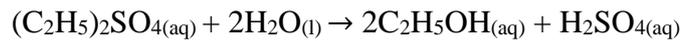


Dengan konversi reaksi sebesar 75%

Produk reaksi berupa *monoethyl sulfat* dan *diethyl sulfate* kemudian dikeluarkan pada bagian bawah reaktor dan dipompa menuju ke *hydrolizer* I (R-230) waktu tinggal ± 1 jam. Produk atas reaktor (R-210) berupa gas impurities dan sisa *ethylene*, kemudian diumpankan pada kolom *scrubber* (D-220) untuk proses pengolahan limbah gas. Pada kolom *scrubber* (D-220), limbah gas diserap dengan menggunakan air proses. Gas yang terserap, kemudian dibuang ke pengolahan limbah cair, sedangkan gas yang lolos (tidak terserap) berupa *ethylene* 99,95% akan di umpan kembali pada akumulator gas *ethylene* (F-122) sebagai bahan baku (*feed*) reaktor.



Pada *hydrolizer* I (R-230) dan *hydrolizer* II (R-240), campuran *monoethyl sulfate* dan *diethyl sulfate* dihidrolisa dalam kondisi asam dengan penambahan air proses, karena masih mengandung H_2SO_4 yang dapat mempercepat proses hidrolisis (H_2SO_4 dapat berfungsi sebagai katalis). Waktu proses untuk reaksi hidrolisis yaitu selama ± 1 jam. Reaksi yang terjadi:



Produk bawah *hydrolizer* II (R-240) kemudian diumpankan pada kolom *stripping* (D-310) untuk proses penyerapan etanol. Pada *separator* (H-310), etanol dengan titik didih yang lebih rendah dari *sulfuric acid*, diserap dengan *steam* sehingga etanol menguap dan berada pada produk atas kolom separator (H-310). Produk bawah kolom separator (H-310) berupa larutan *sulfuric acid* dengan konsentrasi rendah sekisar 60% diumpankan pada evaporator (H-320) untuk penghilangan kadar air sehingga diperoleh H_2SO_4 yang pekat kembali (konsentrasi 98%) yang kemudian dapat direcycle sebagai umpan *feed* reaktor (R-210). Produk atas flash drum separator, (H-310) berupa gas etanol-air kemudian dikondensasikan pada *condenser* (E-312), dimana kondensat kemudian ditampung pada akumulator (F-313) dan diumpankan pada kolom distilasi (D-330) untuk dimurnikan kembali kadarnya. Pada kolom distilasi (D-330), terjadi pemurnian etanol sampai dengan kadar 96%. Pertama-tama *feed* masuk pada *feed plate* (*plate* untuk pemasukan *feed*) kemudian menuju ke bagian bawah kolom distilasi dan diumpankan pada reboiler (E-331). Pada reboiler (E-331), bahan yang bersifat volatile (mudah menguap) berupa etanol direfluks kembali menuju ke bagian bawah kolom distilasi, sedangkan produk liquid dari reboiler berupa air, diumpankan menuju unit *water waste treatment Plant* (WWTP). Uap etanol kemudian menuju ke atas kolom melewati *plate-plate*, sehingga terjadi kontak antara *feed* masuk (liquid) dengan uap etanol dari reboiler, dimana kontak terjadi pada tiap *plate*. Uap etanol kemudian menuju ke kondensor E-332 untuk proses kondensasi. Kondensat berupa etanol kemudian ditampung sementara pada akumulator F-333 dan kemudian ada beberapa yg didistribusikan menjadi refluks

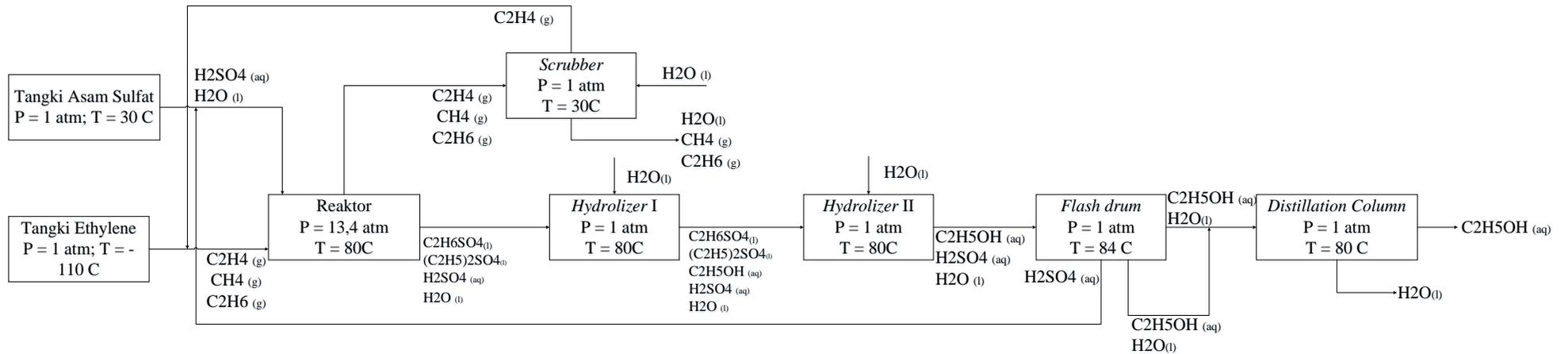


Pra Rencana Pabrik
“Pabrik Etanol dari Ethylene dengan Metode *Indirect Hydration and Double Stage Hydrolizer*”

dan perolehan distilat akan diumpankan pada tangki ethanol F-340 sebagai produk akhir ethanol 96%.



II.4. Diagram Alir



Gambar II. 4 Diagram Alir Pabrik Etanol dengan Proses *Indirect Hydration*