

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya Negara Indonesia menyebabkan terjadi banyak pembangunan yang dilakukan di berbagai bidang. Dari sekian banyak sektor yang sedang dilakukan pembangunan, Industri merupakan sektor yang menyita perhatian lebih bagi pemerintah Indonesia. Sasaran dari dilakukannya pembangunan di sektor ini agar bangsa Indonesia dapat memenuhi kebutuhan sendiri. Selain itu untuk meningkatkan nilai tambah yang ditunjukkan untuk menyediakan barang seperti bahan kimia yang bermutu, meningkatkan ekspor, dan menghemat devisa. Untuk menunjang pembangunan selanjutnya, serta untuk mengembangkan penguasaan teknologi. Pembangunan industri diharapkan dapat merangsang pertumbuhan ekonomi, disamping akan menyerap tenaga kerja yang banyak, baik tenaga ahli, menengah maupun tenaga kasar.

Berkembangnya dunia dan zaman yang semakin modern ini terdapat banyak industri-industri yang berkembang pesat dalam pengolahan bahan baku atau bahan setengah jadi (*intermediate*). Salah satu industri tersebut adalah industri kimia, baik dalam memproduksi bahan kimia hulu maupun hasil olahannya. Kebutuhan akan bahan-bahan kimia semakin besar sehingga pembangunan industri-industri kimia perlu untuk ditumbuh dan dikembangkan. Salah satunya adalah Pabrik Etanol.

Etanol atau etil alkohol (C_2H_5OH) adalah salah satu bahan kimia yang digunakan secara luas untuk bidang farmasi, pelarut, pengawet, antiseptik, pewarna makanan, pencuci mulut, pengganti *metil tersier butil eter* (MTBE) di dalam bensin, cairan pencuci tangan, bahan bakar mobil, *deodorant*, toner atau pembersih wajah dan parfum. Etanol merupakan komponen fungsional yang penting dari minuman beralkohol. Etanol merupakan bahan baku utama untuk kebanyakan industri kimia dan juga merupakan perantara untuk pembentukan senyawa organik lainnya. Etanol sebagai bahan baku untuk pembuatan glikol eter, etil klorida, etil asetat, amines, vinegar, asam asetat dan asetaldehid. Selain itu juga etanol merupakan salah satu sumber energi alternatif yang mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya sifat etanol yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan

karena emisi karbondioksida rendah. Etanol dapat digunakan sebagai bahan campuran bensin (gasolin) yang kemudian dinamakan gasohol, dan juga dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar.

Produksi Etanol dapat dilakukan dengan tiga proses yaitu dengan proses fermentasi, hidrasi tidak langsung dan hidrasi langsung. Pada proses fermentasi digunakan bahan baku tanaman yang mengandung gula, sementara proses hidrasi tidak langsung menggunakan bahan baku etilen, asam sulfat dan air sedangkan proses hidrasi langsung menggunakan bahan baku etilen dan air. Bahan baku etilen dapat diperoleh dari PT Chandra Asri Petrochemical Center yang terletak di kawasan industri cilegon. Proses hidrasi langsung dan tidak langsung memiliki konversi 95%. Perbedaan pada kedua proses tersebut karena bahan baku yang digunakan.

Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2022 menyatakan bahwa kebutuhan etanol rata-rata pertahunnya sebesar 43.190,21 ton dan terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan konsumsi etanol ini terjadi karena cakupan penggunaan etanol di kehidupan yang sangat luas dan beragam. Melihat hal tersebut menyebabkan perlu didirikannya pabrik Etanol baru agar kebutuhan di Indonesia dapat terpenuhi dan terciptanya industri-industri baru yang menggunakan etanol sebagai bahan bakunya pada industri-industri bahan kimia lain seperti pada industri pembuatan asam asetat, asetaldehida, etil asetat, etil akrilat, etil klorida, dan industri-industri lainnya sehingga dapat meningkatkan pengembangan sumber daya manusia. Pendirian pabrik Etanol di Indonesia akan meningkatkan ekspor dan dapat menghemat devisa Negara Indonesia sendiri.

1.2 Rumusan Masalah

Etanol digunakan sebagai bahan baku pada industri kimia dan juga sebagai bahan pelarut dalam industri farmasi. Selain itu etanol juga digunakan pada industri kosmetik, tekstil, bahan bakar, dan bahan pembuatan senyawa-senyawa yang lain. Etanol juga berguna sebagai bahan desinfektan untuk peralatan kedokteran, laboratorium dan rumah sakit. Berdasarkan data statistik kebutuhan etanol yang

semakin mengalami peningkatan setiap tahun, sehingga perlu dilakukan suatu prarancangan pabrik etanol.

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Dengan didirikannya pabrik etanol di Indonesia diharapkan bisa memberikan tujuan sebagai berikut:

1. Menerapkan ilmu disiplin teknik kimia khususnya dibidang rancangan, proses, dan operasi teknik kimia sehingga akan memberikan gambaran kelayakan prarancangan pendirian suatu pabrik etanol dengan proses dasar hidrasi tidak langsung.
2. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga mengurangi beban impor yang pada akhirnya menghemat devisa negara
3. Membuka peluang bagi didirikannya industri yang menggunakan etanol sebagai bahan baku.

1.4 Manfaat Prarancangan Pabrik

Etanol atau etil alkohol dengan rumus C_2H_5OH yang merupakan hasil hidrasi tidak langsung antara etilen dan air dengan menggunakan asam sulfat. Etanol memiliki sifat tidak berwarna, *volatile* dan dapat bercampur dengan air. Dalam kehidupan, penggunaan etanol juga cukup luas, baik di dunia kesehatan, laboratorium maupun industri. Selain alasan-alasan di atas pendirian pabrik ini juga didasarkan pada hal-hal berikut ini:

1. Dapat memenuhi kebutuhan permintaan etanol di dalam negeri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain, dan dapat menghemat devisa negara.
2. Dapat meningkatkan devisa negara dari sektor non-migas bila hasil produk etanol di ekspor.
3. Dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan dapat menunjang pemerataan pembangunan serta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.
4. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.

5. Mengurangi angka Impor etanol di Indonesia.

1.5 Batasan Masalah

Di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik Etanol ini, penyusun membatasi dengan bahan baku utama yaitu etilen menggunakan asam sulfat dengan proses hidrasi tidak langsung. Adapun pembuatan *flowsheet* prarancangan pabrik ini dibatasi menggunakan *software Aspen hysys*.

1.6 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku harus mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis, dan kedekatan lokasi sumber bahan baku dengan pabrik. Pengelolaan persediaan bahan baku yang tidak tepat dapat menimbulkan permasalahan operasional. Persediaan yang terlalu besar akan meningkatkan biaya penyimpanan, risiko degradasi mutu, serta beban modal kerja. Sebaliknya, persediaan yang terlalu kecil dapat menggunakan stabilitas produksi akibat keterlambatan pasokan dan meningkatkan frekuensi pembelian yang berdampak naiknya biaya logistik.

1.6.1 Etilen

Etilen adalah bahan baku utama untuk industri petrokimia dan kebanyakan tersedia dalam kemurnian yang tinggi dan harga yang murah. Etilen dapat bereaksi dengan beberapa bahan seperti Oksigen, Klorin, Hidrogen Klorida dan Air, reaksi ini berlangsung dibawah kondisi yang relatif mudah dicapai dan biasanya dengan yield yang tinggi. Turunan Etilen digunakan untuk memproduksi plastik, bahan perekat, anti beku, serat, dan pelarut. Etilen dan kebanyakan turunan Etilen digunakan untuk memproduksi polimer, seperti pembentukan Polietilen dan polimer Etilen yang lain seperti Polivinil Asetat, Polistirena, Poliester, dan Polivinil Klorida. Saat ini Polietilen merupakan bahan yang paling banyak diproduksi dari Etilen dan beberapa bahan yang lain diantaranya etanol, linear alkohol, Vinil Asetat, Alfa Olefin dan banyak lagi (Treyball, 1984).

Kegunaan etilen dalam pabrik ini adalah sebagai bahan baku dalam proses pembuatan pabrik etilen oksida. Etena atau etilen adalah senyawa alkena paling sederhana yang terdiri dari empat atom hidrogen dan dua atom karbon yang

terhubungkan oleh suatu ikatan rangkap. Karena ikatan rangkap ini, etena disebut pula hidrokarbon tak jenuh atau olefin. Pada suhu kamar, molekul etena tidak dapat berputar pada ikatan rangkapnya sehingga semua atom pembentuknya berada pada bidang yang sama. Sudut yang dibentuk oleh dua ikatan karbon-hidrogen pada molekul adalah 117° , sangat dekat dengan sudut 120° yang diperkirakan berdasarkan hibridisasi ideal sp^2 . Adapun komposisi kimia etilen dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Komposisi Kimia Etilen

No	Komponen	Rumus Kimia	Kisaran Komposisi (%)
1.	Etilen	C_2H_4	99,5
2.	Etana	C_2H_6	0,2
3.	Metana	CH_4	0,1
4.	Propana	C_3H_8	0,1
5.	Karbon Dioksida	CO_2	0,1

1.6.2 Asam Sulfat

Asam sulfat (H_2SO_4) merupakan asam mineral kuat yang banyak digunakan dalam industri kimia, seperti pembuatan pupuk, bahan peledak, deterjen, pengolahan minyak bumi, serta sebagai elektrolit pada aki. Asam sulfat termasuk asam diprotik karena mampu melepaskan dua ion hidrogen (H^+) dalam larutan. Spesifikasi asam sulfat dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Spesifikasi Asam Sulfat

No	Parameter	Nilai/Keterangan
1.	Nama Senyawa	Asam Sulfat
2.	Rumus Kimia	H_2SO_4
3.	Berat Molekul	98,08
4.	Kemurnian	98
5.	Densitas ($25^\circ C$)	1,84
6.	Titik Didih	337
7.	Titik Leleh	10

8.	Viskositas	26,7
9.	Wujud	Cairan Kental
10.	Warna	Tidak Berwarna
11.	Fungsi Dalam Proses	Katalis

1.6.3 Bahan Pendukung

Selain bahan baku utama, proses pembuatan etanol juga memerlukan beberapa bahan pendukung untuk menunjang kelancaran proses produksi. Bahan pendukung tersebut digunakan dalam proses pemisahan, pendinginan, pemanasan, serta operasi utilitas lainnya.

1. Air Pendingin

Air digunakan sebagai media pendingin pada peralatan proses seperti kondensor dan *cooler*. Air pendingin berfungsi untuk menurunkan suhu aliran fluida setelah keluar dari reaktor sehingga proses pemisahan dapat berlangsung dengan lebih efektif.

2. Steam (Uap Air)

Steam digunakan sebagai media pemanas pada beberapa peralatan proses seperti heater dan reboiler pada kolom distilasi. *Steam* membantu meningkatkan suhu fluida sehingga proses pemisahan komponen dapat berlangsung secara optimal.

3. Cooling Water

Cooling water digunakan untuk menyerap panas dari peralatan proses seperti kondensor, sehingga membantu menjaga suhu operasi agar tetap stabil selama proses berlangsung.

4. Udara Instrumen

Udara instrumen digunakan untuk mengoperasikan berbagai peralatan kontrol seperti valve *pneumatik* dan sistem kontrol otomatis dalam pabrik.

1.6.4 Produk Utama Etanol

Produk utama yang dihasilkan dari proses hidrasi tidak langsung Etilen menggunakan Asam sulfat adalah Etanol (C_2H_5OH). Etanol merupakan senyawa alkohol yang banyak digunakan dalam berbagai sektor industri seperti industri kimia, farmasi, makanan dan minuman, serta sebagai bahan bakar alternatif.

Etanol memiliki sifat mudah menguap, tidak berwarna, mudah larut dalam air, serta mudah terbakar. Dalam industri, etanol banyak dimanfaatkan sebagai pelarut, bahan baku sintesis kimia, antiseptik, serta sebagai campuran bahan bakar kendaraan (bioetanol). Pabrik yang dirancang pada prarancangan ini memiliki kapasitas produksi sebesar 40.000 ton per tahun. Karakteristik Etanol dapat dilihat pada table 1.3.

Tabel 1.3 Karakteristik Etanol

Karakteristik	Etanol
Rumus Kimia	C_2H_5OH
Berat Molekul	46,07
Warna	Jernih
Titik Didih (1 atm)	78,4°C
Titik Beku (1 atm)	-114,1°C
Viskositas	1,17 cP
Densitas	0,7893 g/mL
Flash Point	14°C
Kemurnian	95% (5% impurities H_2O)

(Sumber: Wikipedia, 2022)

1.6.5 Produk Samping

Selain menghasilkan etanol sebagai produk utama, proses hidrasi tidak langsung etilen juga dapat menghasilkan beberapa produk samping. Produk samping yang terbentuk antara dietil eter ($C_2H_5OC_2H_5$) dan etil hidrogen sulfat ($C_2H_5HSO_4$). Senyawa ini terbentuk dari reaksi awal antara etilen dengan asam sulfat. Selanjutnya senyawa tersebut akan mengalami reaksi hidrolisis dengan air untuk menghasilkan etanol dan asam sulfat kembali. Karakteristik dapat dilihat pada tabel 1.4.

Tabel 1.4 Karakteristik Dietil Eter dan Etil Hidrogen Sulfat

No	Karakteristik	Dietil Eter	Etil Hidrogen Sulfat
1.	Rumus Kimia	$C_2H_5OC_2H_5$	$C_2H_5HSO_4$
2.	Berat Molekul	74,12	126,13

3.	Titik Didih	34,6	200
4.	Densitas	0,713	1,60
5.	Keterangan	Terbentuk dari reaksi dehidrasi etanol	Senyawa antara dalam proses reaksi

1.7 Penentuan Kapasitas Pabrik dan Ekstrapolasi

Dalam menentukan kapasitas prarancangan pabrik etanol dari etilen menggunakan asam sulfat proses hidrasi tidak langsung perlu dipertimbangkan beberapa hal sebagai berikut:

1.7.1 Data Perusahaan Etanol di Indonesia

Berikut adalah Perusahaan Etanol beserta kapasitasnya yang sudah ada di negara Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Perusahaan Etanol Beserta Kapasitas di Indonesia

No.	Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	PT Aneka Kimia Nusantara	Mojokerto	5.600
2.	PT Indo Acidatama Chemical	Solo	33.138
3.	PT Madu Baru	Yogyakarta	5.918
4.	PT Indonesia Ethanol Industry	Lampung	15.780
5.	PT Pertamina – SGN Bioetanol	Banyuwangi	23.670
6.	PT Energi Argo Nusantara	Mojokerto	28.800
7.	PT Indolampung Distillery	Lampung	39.450
8.	PT Molindo Raya Industrial	Malang	63.120
9.	PTPN X (Bioetanol Plant Gresik)	Gresik	28.800
10.	PT Molindo (unit tambahan/proyeksi)	Malang	39.450

(Sumber: *Science and Technology Seminar Jakarta*, 2026)

1.7.2 Data Konsumsi Etanol di Indonesia

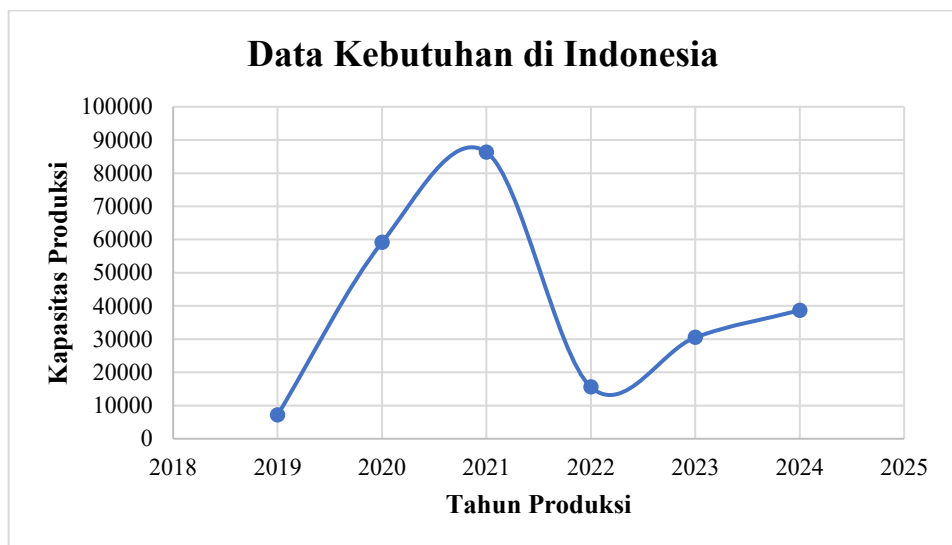
Data konsumsi etanol di Indonesia dari tahun 2019-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Data Konsumsi Etanol di Indonesia

No	Tahun	Kebutuhan (ton/tahun)
1.	2019	7.154,00
2.	2020	59.134,00
3.	2021	86.329,00
4.	2022	15.572,00
5.	2023	30.520,00
6.	2024	38.685,00

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2026)

Berdasarkan data pada tabel 1.6 maka dapat dilihat konsumsi etanol pada tahun 2024 dengan cara ekstrapolasi data. Hasil ekstrapolasi kebutuhan konsumsi dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Data Konsumsi Etanol di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.1 diperoleh dari hasil persamaan $y = 30,171x - 21426$. Maka pada tahun 2025 diperoleh konsumsi Etanol di Indonesia sebanyak 39.670,3 ton/tahun. Dari hasil pemaparan memperlihatkan bahwa kebutuhan etanol di Indonesia akan mengalami peningkatan. Dilihat pada Tabel 1.7 dibawah ini.

Tabel 1.7 Hasil Ekstrapolasi Data Impor Etanol di Indonesia

No	Tahun	Konsumsi (Ton/Tahun)
1.	2025	39.670,3
2.	2026	39.700,4
3.	2027	39.730,6
4.	2028	39.760,8
5.	2029	39.791,9

(Sumber: Ms. Excel 2021, 2026)

Pada hasil etanol kebutuhan impor etanol di Indonesia tahun 2029 diperoleh 39.791,9 ton/tahun dimana di Indonesia sendiri sudah berdiri pabrik etanol yaitu PT. Chandra Asri Petrochemical center dengan memiliki kapasitas 330.9300 ton/tahun. Maka untuk memenuhi kebutuhan etanol di Indonesia dapat didirikan pabrik etanol yang kapasitasnya dapat di hitung sebagai berikut:

- 1 Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan dan kapasitas pabrik baru yang menguntungkan (Mc. Ketta,1976).
- 2 Total kebutuhan dalam negeri pada saat pabrik beroperasi tahun 2029 adalah sebesar 39.791,9 ton/tahun dan kemungkinan akan terus meningkat.
- 3 Kapasitas prarancangan pabrik Etanol ini sebesar 40.000 ton/tahun mengacu pada kapasitas pabrik yang ada di indonesia.
- 4 Untuk memenuhi Kebutuhan Etanol Dalam negeri 70% Dan 30% direncanakan akan diekspor ke negara-negara Asean.

1.7.3 Data Kebutuhan Etanol di Dunia

Data kebutuhan etanol di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Data Produksi Etanol di Dunia

No	Tahun	Produksi (ton/tahun)
1.	2020	35.006,40
2.	2021	35.006,40
3.	2022	54.366,19
4.	2023	89.334,00

5.	2024	39.561,60
----	------	-----------

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2026)

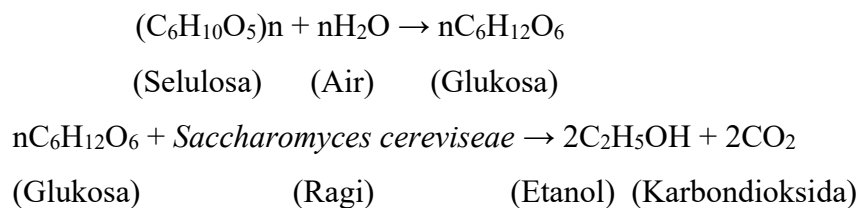
1.8 Perbandingan Proses dan Analisa Ekonomi Awal

Pada dasarnya proses pembuatan etanol yang beragam memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Adapun beberapa proses pembuatan etanol adalah sebagai berikut.

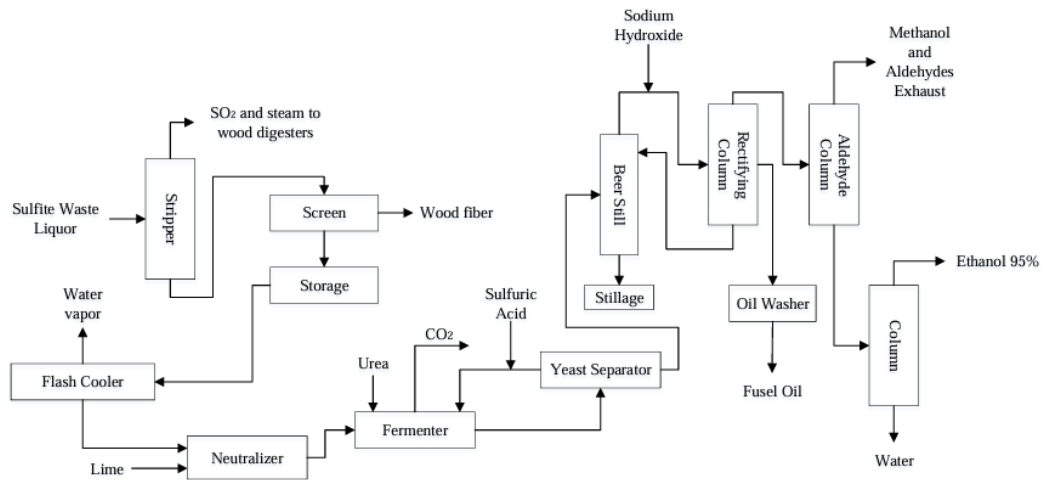
1.8.1 Fermentasi

Proses yang terjadi dalam fermentasi menggunakan suhu 25-30 °C atau suhu ruang. Tekanan pada proses ini terjadi pada tekanan atmosfer atau 1 atm dengan menggunakan katalis enzim untuk fermentasi etanol. Kekurangan dari proses fermentasi ini yaitu tahap pemurnian produk lebih rumit, selain itu juga proses ini dilakukan secara *batch* (Fachry, 2013).

Reaksi fermentasi yang terjadi dapat dilihat pada reaksi berikut:



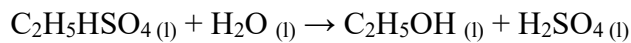
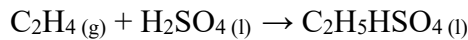
Molasse mengandung 50-55% gula. Terjadi persaingan untuk molase sebagai bahan baku untuk fermentasi etanol dan sebagai umpan untuk persediaan hidup, sehingga harganya bervariasi. Ketergantungan dari ketersediaan bahan baku lain dan ini berpengaruh pada jumlah yang akan difermentasikan menjadi etanol. 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. (Rahmawati dan Saputri, 2018).



Gambar 1.2 Alur Proses Fermentasi dalam Pembuatan Etanol

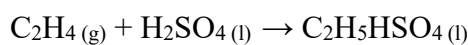
1.8.2 Hidrasi Tidak Langsung

Proses pembuatan etanol yaitu menggunakan hidrasi tidak langsung dengan menggunakan etilen (C_2H_4) dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai katalis. Reaksi proses yang terjadi pada pembuatan etanol adalah:



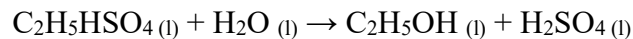
Bahan baku Etilen dari PT. Candra Asri di pompa menuju tangki penyimpanan pada suhu $30^\circ C$ dengan tekanan 39,48 atm, kemudian masuk ke expander untuk menurunkan tekanan menjadi 15 atm dan menuju ke *heater* (E-101) untuk mengatur suhu umpan agar sesuai kondisi reaksi dengan suhu $35^\circ C$ dengan tekanan 15 atm untuk pembentukan *ethyl hydrogen sulfate*. Kemudian keluaran dari *heater* (E-101) dialirkan menuju ke reaktor (R-201).

Bahan baku asam sulfat dari PT. Timuraya Tunggal di pompa menuju tangki penyimpanan pada suhu $28^\circ C$ dengan tekanan 1 atm dipompa ke reaktor (R-201). Reaktor dengan kondisi suhu $35^\circ C$ dan tekanan 15 atm yang dilengkapi pemanas. Didalam reaktor akan terjadi reaksi hidrasi tidak langsung (reaksi bersifat eksotermis) dengan konversi 85%. Reaksi yang terjadi adalah:



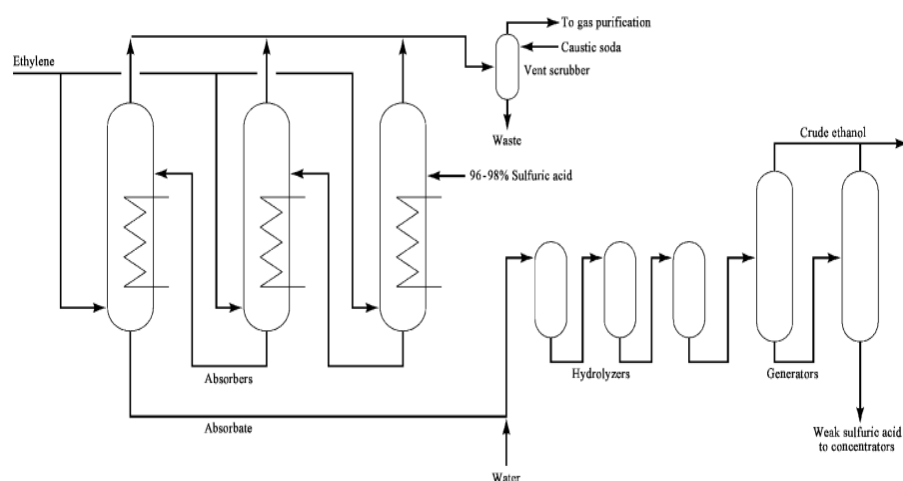
Lalu keluaran bawah reaktor (R-201) dengan suhu $35^\circ C$ dengan tekanan 15 atm menuju *heater* (E-102) untuk menaikkan suhu menjadi $80^\circ C$ dan tekanan 2 atm

lalu masuk ke reaktor CSTR dengan konversi 95%. Dan keluaran atas etilen yang tidak bereaksi dan di *recycle* masuk ke reaktor (R-201). Lalu bahan baku air berfasa uap dari boiler dengan suhu 28°C dengan tekanan 1 atm. Kemudian dipompa menuju ke reaktor CSTR. Di reaktor CSTR terjadi pembentukan etanol. Reaksi yang terjadi adalah:



Kemudian keluaran reaktor CSTR dengan suhu 80°C dan tekanan 2 atm dialirkan ke dalam distilasi untuk memisahkan etanol (produk utama) dan sisa asam yang masih terikut. Sehingga terpisah antara etanol dengan kemurnian 98% dengan sedikit impuritis. Keluaran atas distilasi berupa etanol, lalu etanol didinginkan di E-103 menggunakan *cooling water* (CW) untuk menurunkan suhu menjadi 30°C dan tekanan 1 atm sebelum masuk ke tangki penyimpanan. Cairan keluaran bawah distilasi sebagian *Etil Hidrogen Sulfat* dan asam sulfat yang belum bereaksi. Dengan suhu keluaran 280°C dan tekanan 1,2 atm. Lalu masuk ke *cooler* E-104 untuk menurunkan suhu menjadi 30°C dan tekanan 1 atm sebelum masuk ke tangki penyimpanan.

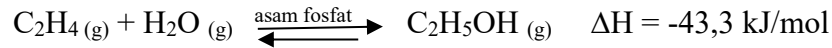
Dari proses ini, diperoleh etanol dengan kadar 98% berat. Pemekatan kembali cairan H_2SO_4 adalah operasi paling mahal dalam proses ini. Langkah ini membutuhkan panas tinggi dan karena adanya sifat korosif yang tinggi. Gambar 1.3 merupakan alur proses hidrasi tidak langsung dalam pembuatan etanol (Kirk, 1998).



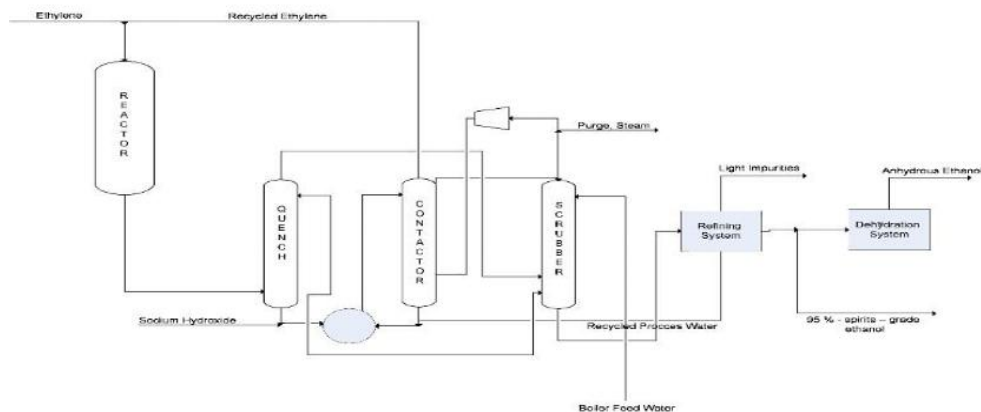
Gambar 1.3 Alur Proses Hidrasi Tidak Langsung dalam Pembuatan Etanol

1.8.3 Hidrasi Langsung dengan Katalis

Reaksi hidrasi langsung dengan katalis ini berada dalam fase gas:



Seperti reaksi eksotermis lainnya, katalis diperlukan untuk menyesuaikan kecepatan reaksi pada suhu rendah. Etilen dan air bebas garam dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi 265°C dengan tekanan 10 atm. Isi gas etilen yang dikombinasikan dengan air proses, dipanaskan sampai suhu reaksi yang diinginkan, dan melewati reaktor katalitik unggun tetap dari etanol. Uap yang meninggalkan reaktor sedikit lebih panas daripada umpan karena reaksinya eksoterm. Produk reaktor didinginkan oleh pertukaran panas dengan aliran umpan reaktor dan dipisahkan menjadi aliran cair dan uap. Konversi reaksi yang diperoleh cukup tinggi, yaitu 95%, dengan menggunakan katalis asam fosfat. (Kirk, 1983).



Gambar 1.4 Alur Proses Hidrasi Langsung dalam Pembuatan Etanol

Berdasarkan ketiga proses yaitu proses fermentasi, proses hidrasi tidak langsung, dan proses hidrasi langsung. Ketiga proses tersebut memiliki parameter yang berbeda-beda. Berdasarkan perbedaan parameter-parameter tersebut sistem pembuatan etanol yang ada sebagaimana dilihat pada Tabel 1.9.

Tabel 1.9 Perbandingan Proses Pembuatan Etanol

Parameter	Fermentasi	Proses Hidrasi Tidak Langsung	Proses Hidrasi Langsung
Konversi	-	95%	95%
Suhu	25-30 °C	80°C	265°C

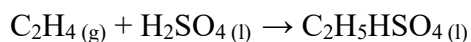
Tekanan	1 atm	2 atm	10 atm
Reaksi	Endotermis	Eksotermis	Eksotermis
Katalis	Enzim	Asam sulfat	Asam fosfat
Bahan Baku	Tanaman yang mengandung gula	Etilen, Asam Sulfat, dan Air	Etilen dan Air
Produk Samping	Karbon Dioksida	-	-

Berdasarkan Tabel 1.9 dapat dipilih proses pembedaan etanol dengan proses hidrasi tidak langsung dengan 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 80% *recovery* untuk asam sulfat sehingga dapat menghemat biaya bahan baku tiap tahunnya.

1.8.4 Analisa Ekonomi Awal

Analisa ekonomi awal dilakukan untuk mengetahui apakah layak atau tidaknya berdiri suatu pabrik. Menggunakan perhitungan yang sederhana dengan mengurangi harga produk dengan bahan baku. Adapun analisa ekonomi awal berdasarkan reaksi.



Adapun untuk Analisa ekonomi awal berdasarkan reaksi dapat dilihat pada Tabel 1.10 berikut ini :

Tabel 1.10 Analisa Ekonomi Awal

	Bahan Baku		Produk
	Etilen	Asam Sulfat	Etanol
Berat Molekul	28,053 kg/kmol	98,08 kg/kmol	46,07 kg/kmol
Harga Per Kg	Rp. 14.700	Rp. 6.500	Rp. 16.600

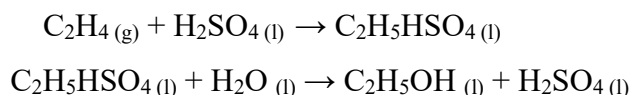
Kebutuhan	1 mol x 28,053 gr/mol = 28,053 gr = 0,028053 kg	1 mol x 98,08 gr/mol = 98,08 gr = 0,09808 kg	1 mol x 46,07 gr/mol = 46,07 gr = 0,04607 kg
Harga Total	0,028053 kg x Rp. 14.700 = Rp. 412,379	0,09808 kg x Rp. 6.500 = Rp. 637,52	0,04607 kg x Rp. 16.600 = Rp. 764,762
Analisa Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Bahan Baku = Rp. 764,762 - Rp. 412,379 = Rp 352,383		

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2026)

Dari Tabel 1.10 maka didapatkan hasil keuntungan. Hasil analisa ekonomi awal didapat keuntungan 85,45% terhadap harga bahan baku etilen. Dengan demikian, pabrik etanol dari etilen menggunakan proses hidrasi tidak langsung layak untuk dilanjutkan.

1.9 Uraian Singkat Proses Yang Dipilih

Proses pembuatan etanol yaitu menggunakan hidrasi tidak langsung dengan menggunakan etilen (C_2H_4) dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai katalis. Reaksi proses yang terjadi pada pembuatan etanol adalah:



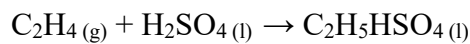
1.9.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Kebutuhan bahan baku etilen dan asam sulfat dalam jumlah besar tidak dapat dipenuhi oleh satu pemasok saja. Oleh karena itu, suplai etilen direncanakan berasal dari PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk dan PT. Lotte Chemical Indonesia yang berlokasi di Cilegon sebagai pemasok terdekat, sedangkan asam sulfat dipasok oleh PT. Timuraya Tunggal sebagai pemasok lokal di Karawang, serta didukung oleh PT. Petrokimia Gresik dan PT. Indonesian Acids Industry untuk menjamin kontinuitas operasi pabrik.

Bahan baku Etilen dari PT. Candra Asri di pompa menuju tangki penyimpanan pada suhu $30^\circ C$ dengan tekanan 39,48 atm, kemudian masuk ke

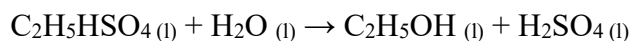
expander untuk menurunkan tekanan menjadi 15 atm dan menuju ke *heater* (E-101) untuk mengatur suhu umpan agar sesuai kondisi reaksi dengan suhu 35°C dengan tekanan 15 atm untuk pembentukan *ethyl hydrogen sulfate*. Kemudian keluaran dari *heater* (E-101) dialirkan menuju ke reaktor (R-201).

Bahan baku asam sulfat dari PT. Timuraya Tunggal di pompa menuju tangki penyimpanan pada suhu 28°C dengan tekanan 1 atm dipompa ke reaktor (R-201). Reaktor dengan kondisi suhu 35°C dan tekanan 15 atm yang dilengkapi pemanas. Didalam reaktor akan terjadi reaksi hidrasi tidak langsung (reaksi bersifat eksotermis) dengan konversi 85%. Reaksi yang terjadi adalah:



1.9.2 Tahap Reaksi

Lalu keluaran bawah reaktor (R-201) dengan suhu 35°C dengan tekanan 15 atm menuju *heater* (E-102) untuk menaikkan suhu menjadi 80°C dan tekanan 2 atm lalu masuk ke reaktor CSTR dengan konversi 95%. Dan keluaran atas etilen yang tidak bereaksi dan di *recycle* masuk ke reaktor (R-201). Lalu bahan baku air berfasa uap dari boiler dengan suhu 28°C dengan tekanan 1 atm. Kemudian dipompa menuju ke reaktor CSTR. Di reaktor CSTR terjadi pembentukan etanol. Reaksi yang terjadi adalah:

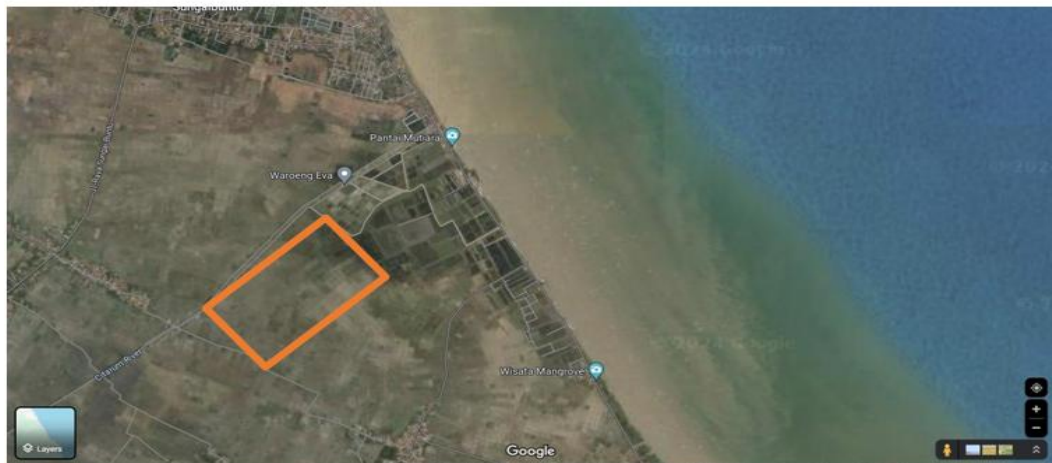


1.9.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Kemudian keluaran reaktor CSTR dengan suhu 80°C dan tekanan 2 atm dialirkan ke dalam distilasi untuk memisahkan etanol (produk utama) dan sisa asam yang masih terikut. Sehingga terpisah antara etanol dengan kemurnian 98% dengan sedikit impuritis. Keluaran atas distilasi berupa etanol, lalu etanol didinginkan di E-103 menggunakan *cooling water* (CW) untuk menurunkan suhu menjadi 30°C dan tekanan 1 atm sebelum masuk ke tangki penyimpanan. Cairan keluaran bawah distilasi sebagian *Etil Hidrogen Sulfat* dan asam sulfat yang belum bereaksi. Dengan suhu keluaran 280°C dan tekanan 1,2 atm. Lalu masuk ke *cooler* E-104 untuk menurunkan suhu menjadi 30°C dan tekanan 1 atm sebelum masuk ke tangki penyimpanan.

1.10 Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan hal yang paling penting dalam perancangan suatu pabrik karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang didirikan. Lokasi pendirian pabrik ini sangat menentukan kesuksesan sebuah perusahaan baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Biaya produksi dan distribusi yang minimum dengan tetap memperhatikan ketersediaan tempat untuk pengembangan pabrik dan kondisi yang aman untuk operasi pabrik. Faktor tersebut yang menentukan kesuksesan serta keuntungan pabrik yang akan didirikan secara teknik maupun ekonomis dimasa yang akan datang. Pendirian pabrik etanol ini direncanakan berdiri di Jalan Pejaten, Desa Cibuaya, Kecamatan Pedes, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat. Peta Lokasi pabrik dapat dilihat pada **Gambar 1.5**.



Gambar 1.5 Peta Pendirian Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik di Jalan Pejaten, Desa Cibuaya, Kecamatan Pedes, Kabupaten Karawang, Jawa Barat didasarkan pada pertimbangan teknis dan ekonomis yang saling mendukung. Dari sisi bahan baku, lokasi ini relatif dekat dengan pusat produksi etilen di Cilegon, yaitu PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk dan PT. Lotte Chemical Indonesia, sehingga biaya transportasi dan risiko keterlambatan pasokan dapat diminimalkan. Selain itu, kebutuhan asam sulfat dapat dipenuhi dari PT. Timuraya Tunggal yang berada di wilayah Karawang, memberikan keuntungan logistik karena jaraknya sangat dekat. Dari sisi transportasi, Karawang dilalui jaringan tol utama Jakarta–Cikampek serta memiliki

akses ke pelabuhan besar seperti Tanjung Priok, sehingga memudahkan distribusi bahan baku dan produk. Dari sisi pasar, lokasi ini sangat strategis karena dekat dengan kawasan industri Jabodetabek sebagai pusat konsumsi etanol terbesar di Indonesia, sehingga biaya distribusi produk menjadi lebih efisien. Selain itu, Karawang merupakan kawasan industri berkembang dengan ketersediaan utilitas seperti listrik, air, dan fasilitas logistik yang memadai, serta didukung oleh tenaga kerja yang melimpah dan berpengalaman di sektor industri. Ketersediaan lahan yang masih cukup luas juga memungkinkan pengembangan pabrik di masa depan. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, lokasi ini memberikan keseimbangan terbaik antara kedekatan bahan baku, kemudahan distribusi, dan efisiensi biaya operasional, sehingga dinilai sebagai lokasi yang paling optimal untuk pendirian pabrik etanol.