

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya Indonesia, berbagai sektor juga mengalami kemajuan pesat, termasuk sektor industri kimia yang menjadi perhatian utama pemerintah. Pembangunan di sektor ini bertujuan agar Indonesia dapat memenuhi kebutuhannya sendiri, meningkatkan nilai tambah melalui produksi barang berkualitas, seperti bahan kimia, mendorong ekspor dan menghemat devisa. Selain itu, pengembangan industri kimia juga mendukung penguasaan teknologi dan mempercepat pertumbuhan ekonomi, sekaligus menciptakan lapangan kerja bagi ahli, pekerja menengah dan tenaga kasar. Kebutuhan akan bahan kimia juga semakin besar, salah satunya ialah etanol sehingga pembangunan industri kimia perlu dikembangkan.

Etanol (C_2H_5OH) merupakan salah satu senyawa yang berfase cair pada temperatur kamar, tidak berwarna dan sangat banyak dibutuhkan di bidang farmasi, solvent, pelarut, pengawet, antiseptic, pewarna makanan, pembersih wajah parfum dan bahan bakar. Etanol juga digunakan secara luas sebagai bahan baku untuk pembuatan asetaldehid, etil asetat, glikol eter, etil klorida dan bahan kimia lainnya. Pemanfaatan etanol salah satunya sebagai sumber energi alternatif pengganti premium, bukan saja berupa dampak ekonomi seperti pengurangan konsumsi BBM, pengurangan impor BBM dan pengurangan subsidi BBM yang akan berakibat pada peningkatan ketahanan energi sosial. Selain itu etanol juga dapat digunakan sebagai bahan campuran bensin (*gasoline*) yang kemudian dinamakan gasohol.

Etanol termasuk kedalam 10 bahan kimia yang paling banyak digunakan di dunia. Menurut data Statista pada tahun 2025, negara yang paling banyak mengimpor etanol adalah Jepang, Thailand, Filipina, United Kingdom dan Indonesia. Peningkatan konsumsi etanol ini terjadi karena cakupan penggunaan etanol di kehidupan yang luas dan beragam.

Tingginya permintaan etanol di berbagai negara membuka peluang besar yang dapat dimanfaatkan dengan mendirikan pabrik etanol baru agar kebutuhan dalam negeri dan luar negeri dapat terpenuhi. Potensi ini menjadikan pembangunan industri manufaktur etanol di Indonesia menjadi langkah yang menguntungkan. Dengan dukungan pemerintah yang tengah menjalankan program pembangunan nasional, pendirian industri etanol dapat berkontribusi dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi serta mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya manusia di Indonesia. Pabrik etanol ini direncanakan berproduksi sebanyak 500.000 ton/tahun dengan menggunakan bahan baku berupa gas alam. Pendirian pabrik etanol ini dapat menciptakan lapangan kerja baru yang akan mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.

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 perancangan pabrik etanol untuk memenuhi kebutuhan dunia.

1.3 Tujuan

Prarancangan pabrik etanol dari etilena dan air dengan proses hidrasi langsung menggunakan katalis asam fosfat bertujuan untuk memenuhi kebutuhan etanol, menambah devisa negara dan dapat mengaplikasikan ilmu Teknik Kimia khususnya di bidang perancangan pabrik, analisa proses, operasi teknik kimia, sehingga dapat memberikan gambaran kelayakan pendirian pabrik etanol.

1.4 Manfaat

Berikut adalah manfaat perancangan pabrik Etanol dari Etilena dan Air dengan Proses Hidrasi Langsung Menggunakan Katalis Asam Fosfat:

1. Peningkatan kompetitif di pasar global, memproduksi etanol berkualitas tinggi dengan biaya produksi yang kompetitif, menjadikan produk ini mampu bersaing di pasar domestik dan internasional.
2. Dukungan terhadap penggunaan etanol yang selaras dengan program pemerintah dalam mengembangkan energi alternatif dan mendorong terciptanya sistem energi yang lebih beragam serta pengurangan emisi karbon dan pengembangan sumber energi yang lebih ramah lingkungan.
3. Mendorong pengembangan kawasan industri kimia dalam negeri, khususnya industri yang memanfaatkan etanol sebagai bahan baku, serta meningkatkan daya saing industri Indonesia di pasar global.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari prarancangan ini adalah mengetahui perancangan produksi etanol menggunakan bahan baku etilena dan air, dengan menggunakan proses hidrasi langsung dengan proses *flow diagram hysys*, *P&ID* dan *3D plant*, perhitungan neraca massa dan neraca energi, spesifikasi peralatan, unit utilitas, serta analisa ekonomi.

1.6 Kapasitas Prarancangan Pabrik

Kapasitas produksi pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Semakin kecil kapasitas produksi maka semakin sedikit pula keuntungan, dan semakin besar kapasitas produksinya maka keuntungan yang didapat juga akan semakin besar. Dalam menentukan kapasitas prarancangan pabrik etanol perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1.6.1 Ketersedian Bahan Baku Produksi Etanol

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat di prioritaskan. Bahan baku utama pembuatan etanol, berupa etilena yang diproduksi sendiri melalui proses *thermal cracking* dengan konversi 90%. Bahan baku samping yaitu air diperoleh dari Sungai Peusangan, Aceh dikarenakan letak pabrik yang cukup dekat. Adapun beberapa hal yang mendasari pemilihan bahan baku tersebut adalah:

1. Bahan baku berupa etilena mudah didapat karena diproduksi sendiri dengan jumlah yang besar.
2. Ketersediaan bahan baku air yang cukup banyak sehingga kelangsungan pabrik serta kontinuitasnya dapat terjamin.

1.6.2 Kapasitas Produksi Pabrik Etanol di Indonesia

Berdasarkan data yang diperoleh pada tahun 2022, Indonesia memiliki beberapa pabrik yang memproduksi etanol, diantaranya dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Produksi Pabrik Etanol di Indonesia

Nama Pabrik Etanol di Indonesia	Produksi (Ton/Tahun)
PT Molindo Raya Industrial	80.000
PT Energi Argo Nusantara	23.679
PT Aneka Kimia Nusantara	3.946
PT Indo Acidatama Chemical	39.465
PTPN XI	8.000
PT RNI	8.840
PT Indolampung	39.450
Total	203.380

(Sumber: *Science and Technology Seminar* Jakarta, 2022)

1.6.3 Kebutuhan Etanol di Dunia

Etanol merupakan bahan kimia yang banyak digunakan sebagai bahan bakar, kebutuhan farmasi dan sebagai pelarut. Kebutuhan etanol di dunia terus meningkat dari tahun ke tahun. Negara negara yang memiliki kebutuhan etanol di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Negara Kebutuhan Etanol di Dunia

No.	Negara
1.	Jepang
2.	Filipina
3.	Saudi Arabia
4.	United Kingdom
5.	Indonesia

Sumber : (Statista, 2025)

Untuk mengetahui berapa besar Etanol yang dibutuhkan oleh tiap negara yang terdapat pada Tabel 1.2, maka dilakukan pencarian data kebutuhan Impor Etanol di setiap Negara.

1. Data Kebutuhan Impor Etanol di Jepang

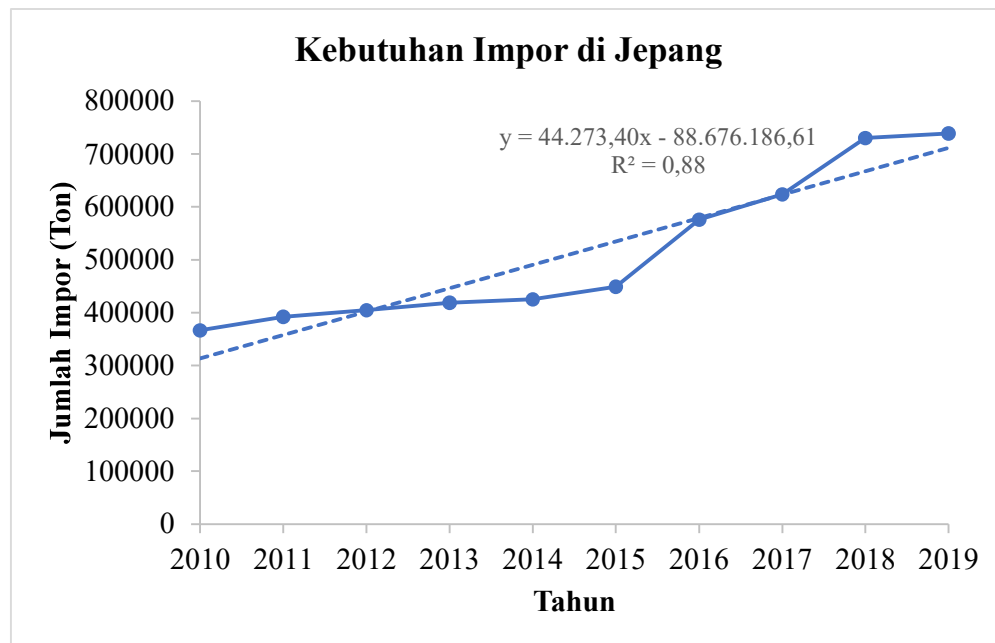
Kebutuhan impor Etanol pada negara Jepang dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang berapa besar Etanol yang akan meningkatkan nilai ekspor Etanol di Indonesia pada Prarancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun kebutuhan impor Etanol pada negara Jepang didapat pada tahun 2010 – 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Kebutuhan Impor Etanol di Jepang

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2010	366.356,266
2011	392.350,962
2012	404.908,617
2013	419.187,368
2014	425.029,487
2015	449.041,025
2016	576.312,536
2017	623.841,92
2018	730.199,59
2019	738.591,532

Sumber: (Statista, 2025)

Dapat dilihat pada Tabel 1.3 data kebutuhan impor Etanol di negara Jepang dari tahun 2010-2019 terus mengalami peningkatan tiap tahun nya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor Etanol di Jepang masih banyak bergantung pada Etanol impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan Etanol impor negara Jepang pada tahun 2027, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2010-2019, kenaikan data impor Etanol dapat dilihat pada persamaan grafik Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Impor di Jepang

Berdasarkan Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 44.273,40x - 88.676.186,61$. Kebutuhan impor Etanol di Jepang tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 44.273,40x - 88.676.186,61$ dimana y adalah kebutuhan impor Etanol pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor Etanol di Jepang dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Impor Etanol di Jepang

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2020	756.081,39
2021	800.354,79
2022	844.628,19
2023	888.901,59
2024	933.174,99
2025	977.448,39
2026	1.021.721,79
2027	1.065.995,19

Dapat dilihat pada Tabel 1.4 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor etanol di Jepang setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Jepang pada tahun 2027 mencapai 1.065.995,19 ton, untuk mengetahui peluang mengekspor etanol ke negara Jepang, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan etanol yang akan di ekspor ke Jepang dengan asumsi selisih impor pada tahun 2027 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2027 - Kebutuhan Impor pada data terakhir (2019)

Peluang ekspor = 1.065.995,19 – 738.591,532

Peluang ekspor = 327.403,658 Ton

Maka dapat diketahui bahwa prarancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor etanol pada tahun 2027 mencapai 327.403,658 Ton ke negara Jepang.

2. Data Kebutuhan Impor Etanol di Filipina

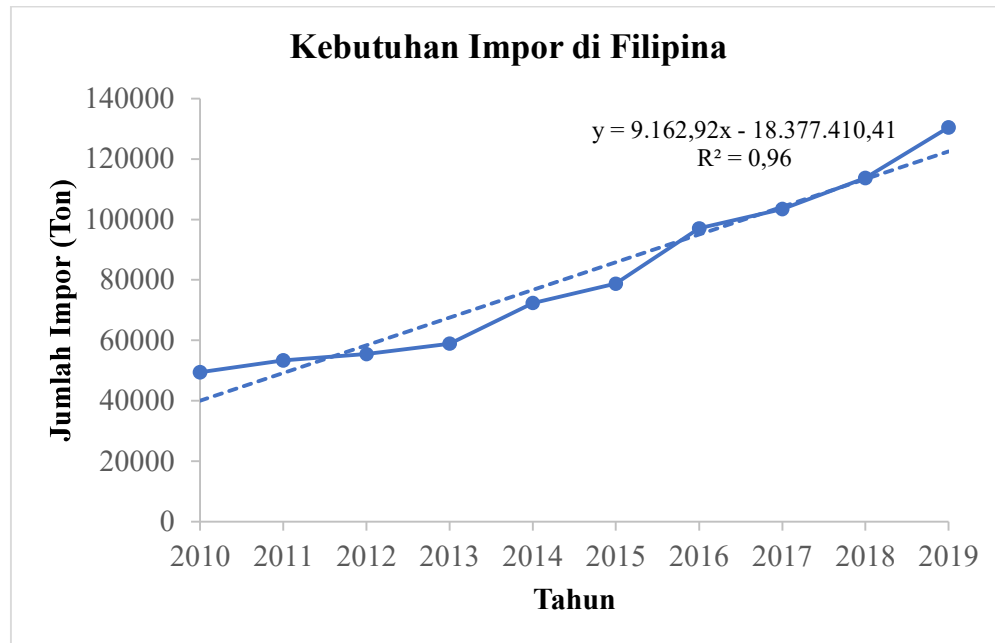
Kebutuhan impor Etanol pada negara Filipina dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang berapa besar Etanol yang akan meningkatkan nilai ekspor Etanol di Indonesia pada Prarancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun kebutuhan Etanol pada negara Filipina didapat pada tahun 2010 – 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Kebutuhan Impor Etanol di Filipina

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2010	49.448,372
2011	53.372,635
2012	55.399,699
2013	58.968,485
2014	72.335,227
2015	78.710,816
2016	97.056,28
2017	103.473,094
2018	113.670,757
2019	130.424,873

Sumber: (Statista, 2025)

Dapat dilihat pada Tabel 1.5 data kebutuhan impor Etanol di negara Filipina dari tahun 2010 – 2019 terus mengalami peningkatan tiap tahun nya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor Etanol di Filipina masih banyak bergantung pada Etanol impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan Etanol impor negara Filipina pada tahun 2027, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2010 – 2019, kenaikan data impor dapat dilihat pada persamaan grafik Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Grafik Kebutuhan Impor di Filipina

Berdasarkan Gambar 1.2 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 9.162,92x - 18.377.410,41$. Kebutuhan impor etanol di Filipina tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus $y = 9.162,92x - 18.377.410,41$ dimana y adalah kebutuhan impor Etanol pada tahun tertentu dalam ton, sedangkan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor etanol di Filipina dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Data Hasil Ektrapolasi Kebutuhan Impor Etanol di Filipina

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2020	131.687,99
2021	140.850,91
2022	150.013,83
2023	159.176,75
2024	168.339,67
2025	177.502,59
2026	186.665,51
2027	195.828,43

Dapat dilihat pada Tabel 1.6 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor Etanol di Filipina setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Filipina pada tahun 2027 mencapai 195.828,43 Ton, untuk mengetahui peluang untuk mengekspor Etanol ke negara Filipina, maka dilakukan perhitungan peluang untuk mengetahui kebutuhan Etanol yang akan di ekspor ke negara Filipina dengan asumsi selisih impor pada tahun 2027 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2027 - Kebutuhan Impor pada data terakhir (2019)

Peluang ekspor = 195.828,43 – 130.424,873

Peluang ekspor = 65.403,557 Ton

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor etanol pada tahun 2027 mencapai 65.403,557 Ton ke negara Filipina.

3. Data Kebutuhan Impor Etanol di Saudi Arabia

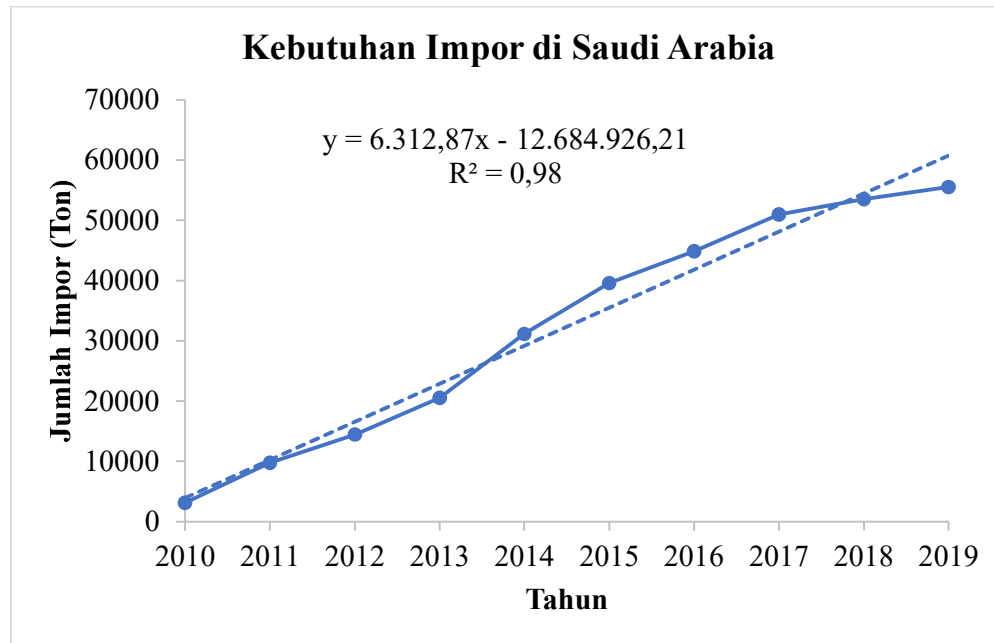
Kebutuhan impor Etanol pada negara Saudi Arabia dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang berapa besar Etanol yang akan meningkatkan nilai ekspor Etanol di Indonesia pada Prarancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun kebutuhan Etanol pada negara Saudi Arabia didapat pada tahun 2010 – 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Data Kebutuhan Impor Etanol di Saudi Arabia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2010	3.138,272
2011	9.763.623
2012	14.443
2013	20.555,250
2014	31.126
2015	39.600,290
2016	44.865,350
2017	50.949,100
2018	53.521
2019	55.514,560

Sumber : (Statista, 2025)

Dapat dilihat pada Tabel 1.7 data kebutuhan impor Etanol di negara Saudi Arabia dari tahun 2010 – 2019 terus mengalami peningkatan tiap tahun nya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor Etanol di Saudi Arabia masih banyak bergantung pada Etanol impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan Etanol impor negara Saudi Arabia pada tahun 2027, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2010 – 2019, kenaikan data impor Etanol dapat dilihat pada persamaan grafik Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Grafik Kebutuhan Impor di Saudi Arabia

Berdasarkan Gambar 1.3 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 6.312,87x - 12.684.926,21$. Kebutuhan impor etanol di Saudi Arabia tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 6.312,87x - 12.684.926,21$ dimana y adalah kebutuhan impor Etanol pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor etanol di Saudi Arabia dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Impor Etanol di Saudi Arabia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2020	67.071,190
2021	73.384,060
2022	79.696,930
2023	86.009,800
2024	92.322,670
2025	98.635,540
2026	104.948,400
2027	111.261,300

Dapat dilihat pada Tabel 1.8 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor Etanol di Saudi Arabia setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Saudi Arabia pada tahun 2027 mencapai 111.261,300 ton, untuk mengetahui peluang mengekspor Etanol ke negara Saudi Arabia, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan Etanol yang akan di ekspor ke Saudi Arabia dengan asumsi selisih impor pada tahun 2027 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2027 - Kebutuhan Impor pada data terakhir (2019)

Peluang ekspor = 111.261,300 – 55.514,560

Peluang ekspor = 55.746,720 Ton

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor etanol pada tahun 2027 mencapai 55.746,720 Ton ke negara Saudi Arabia.

4. Data Kebutuhan Impor Etanol di United Kingdom

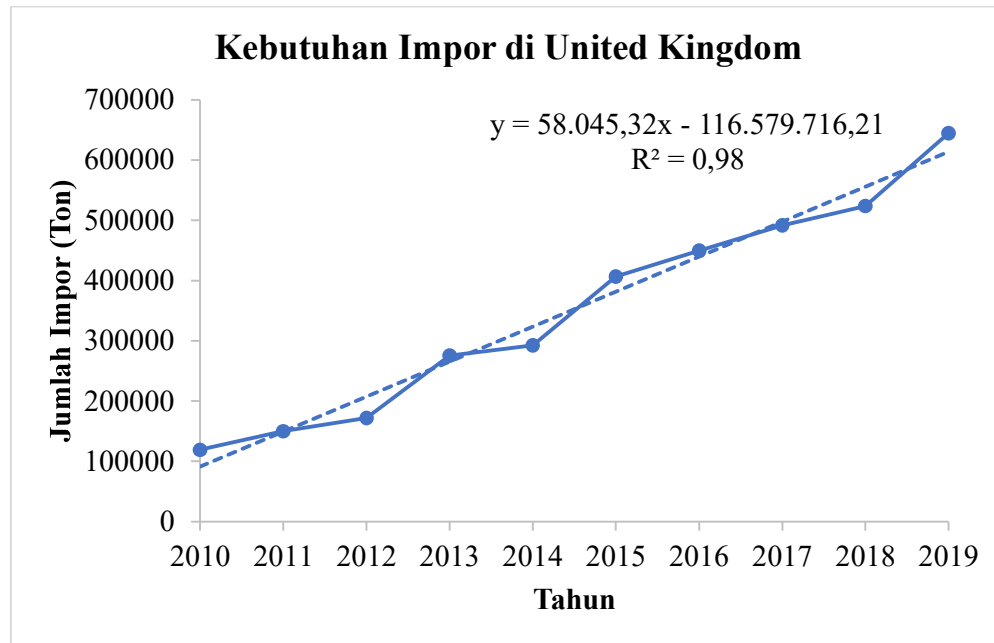
Kebutuhan impor Etanol pada negara United Kingdom dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang berapa besar Etanol yang akan meningkatkan nilai ekspor Etanol di Indonesia pada Prarancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun kebutuhan Etanol pada negara United Kingdom didapat pada tahun 2010 – 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.9.

Tabel 1.9 Data Kebutuhan Impor Etanol di United Kingdom

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2010	119.195,050
2011	150.204,621
2012	172.277,630
2013	275.353,741
2014	292.302,113
2015	406.958,781
2016	449.531,362
2017	491.673,530
2018	523.660,958
2019	644.652,206

Sumber : (Statista, 2025)

Dapat dilihat pada Tabel 1.9 data kebutuhan impor Etanol di negara United Kingdom dari tahun 2010 – 2019 terus mengalami peningkatan tiap tahun nya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor Etanol di United Kingdom masih banyak bergantung pada Etanol impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan Etanol impor negara United Kingdom pada tahun 2027, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2010 – 2019, kenaikan data impor Etanol dapat dilihat pada persamaan grafik Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Grafik Kebutuhan Impor di United Kingdom

Berdasarkan Gambar 1.4 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 58.045,32x - 116.579.716,21$. Kebutuhan impor etanol di United Kingdom tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 58.045,32x - 116.579.716,21$ dimana y adalah kebutuhan impor Etanol pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor etanol di United Kingdom dapat dilihat pada Tabel 1.10.

Tabel 1.10 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Impor Etanol di United Kingdom

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2020	671.830,190
2021	729.875,510
2022	787.920,830
2023	845.966,150
2024	904.011,470
2025	962.056,790
2026	1.020.102,110
2027	1.078.147,430

Dapat dilihat pada Tabel 1.10 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor Etanol di United Kingdom setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di United Kingdom pada tahun 2027 mencapai 1.078.147,430 ton, untuk mengetahui peluang mengekspor Etanol ke negara United Kingdom, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan Etanol yang akan di ekspor ke United Kingdom dengan asumsi selisih impor pada tahun 2027 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2027 - Kebutuhan Impor pada data terakhir (2019)

Peluang ekspor = 1.078,147,430 – 644.652,206

Peluang ekspor = 433.495,223 Ton

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor etanol pada tahun 2027 mencapai 433.495,223 ton ke negara United Kingdom. Berdasarkan data kebutuhan etanol di dunia yang telah di dapat, maka peluang ekspor ke luar negeri dapat dihitung dengan menjumlahkan total peluang ekspor sebagai berikut :

Peluang ekspor Luar negeri = Peluang Ekspor Jepang + Peluang Ekspor Filipina + Peluang Ekspor Saudi Arabia + peluang ekspor United Kingdom

Peluang ekspor Luar negeri = 327.403,658 + 65.403,557 + 55.746,720 + 433.495,223

Peluang ekspor Luar negeri = 881.049,158 Ton

Dari perhitungan peluang ekspor, maka prarancangan pabrik ini memiliki peluang total untuk memenuhi kebutuhan etanol di luar negeri dengan mengekspor etanol sebanyak 881.049,158 Ton.

1.6.4 Data Kebutuhan Impor Etanol di Indonesia

Adapun data kebutuhan impor Etanol di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.11:

Tabel 1.11 Data Kebutuhan Impor Etanol di Indonesia

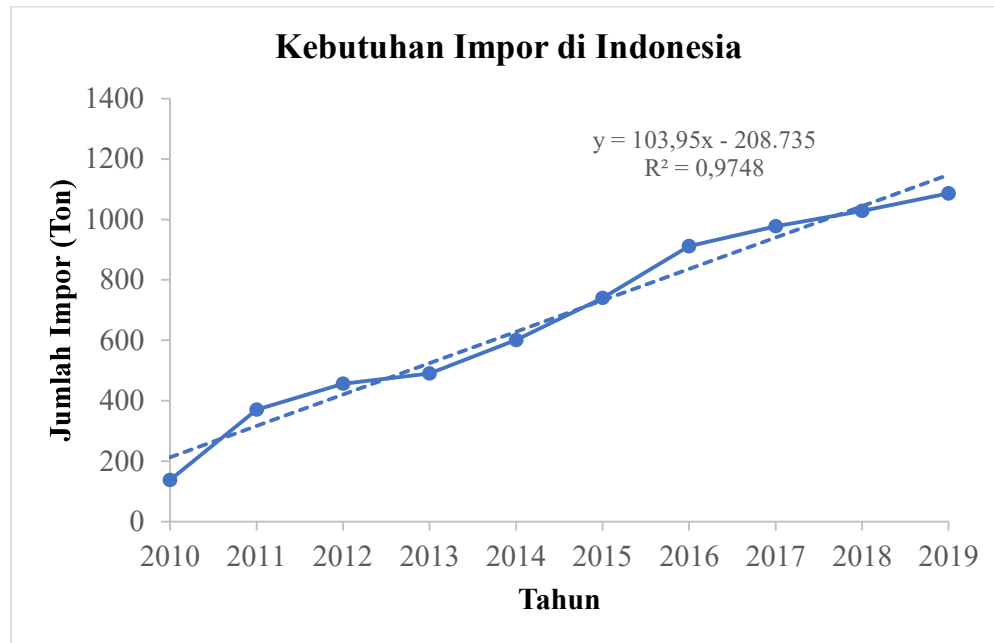
Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2010	137,892
2011	371,229
2012	456,438
2013	490,44
2014	601,596
2015	740,453
2016	912,411
2017	977,829
2018	1.028,928
2019	1.086,426

Sumber : (Statista, 2025)

Dapat dilihat pada Tabel 1.11 data kebutuhan impor dan ekspor Etanol di Indonesia dari tahun 2010 – 2019 terus mengalami peningkatan tiap tahun nya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan Etanol di Indonesia masih banyak bergantung pada Etanol impor.

1.6.5 Prediksi Kebutuhan Etanol di Indonesia

Kenaikan kebutuhan data impor Etanol di Indonesia diprediksi pada tahun 2027 dengan cara ekstrapolasi data kebutuhan impor Etanol pada tahun 2010 – 2019, kenaikan kebutuhan impor Etanol pada tahun 2010 – 2019, dapat dilihat pada Gambar 1.5 berikut:



Gambar 1.5 Grafik Kebutuhan Impor di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.5 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 103,95x - 208.735$. Kebutuhan impor etanol di Indonesia tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 103,95x - 208.735$ dimana y adalah kebutuhan impor Etanol pada tahun tertentu dalam ton, dan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor etanol di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.12.

Tabel 1.12 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Impor Etanol di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2020	1.244
2021	1.347,95
2022	1.451,9
2023	1.555,85
2024	1.659,8
2025	1.763,75
2026	1.867,7
2027	1.971,65

Sumber: (Data Ekstrapolasi, 2025)

Dapat dilihat pada Tabel 1.12 bahwa dari hasil ekstrapolasi data impor Etanol di Indonesia setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Indonesia pada tahun 2027 mencapai 1.971,65 ton, untuk mengetahui peluang kebutuhan etanol di Indonesia, maka dilakukan perhitungan peluang kebutuhan etanol yang akan mencukupi di Indonesia dengan asumsi selisih impor pada tahun 2027 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang kebutuhan = Kebutuhan Impor pada tahun 2027 - Kebutuhan Impor pada data terakhir (2019)

Peluang kebutuhan = 1.971,65 - 1.086,426

Peluang kebutuhan = 885,224 Ton

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mencukupi etanol di Indonesia pada tahun 2027 mencapai 885,224 Ton ke Negara Indonesia. Sedangkan kebutuhan etanol di luar negeri yang telah dihitung kebutuhan nya sebesar 886.436,417 Ton/Tahun. Pabrik produksi Etanol terbesar di luar negeri dapat dilihat pada Tabel 1.13.

Tabel 1.13 Data Produksi Etanol di Dunia

Nama Perusahaan	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
PTT Chemical	Thailand	100.000
Indian Oil Corporation	India	84.000
LanzaTech Shougang Plant	China	50.000
LanzaTech Freedom Pines	Amerika Serikat	30.000

Sumber: (*Ethanol Industry Outlook*, 2023)

Pada Tabel 1.13 berdasarkan sumber *Ethanol Industry Outlook*, pabrik etanol terbesar diproduksi oleh Perusahaan PTT Chemical yang terdapat di Thailand dengan kapasitas 100.000 ton/tahun dan pabrik dengan produksi terkecil diproduksi oleh Perusahaan LanzaTech Freedom Pines di negara Amerika Serikat dengan kapasitas 30.000 ton/tahun.

Tabel 1.14 Produksi Etanol yang akan di Distribusi ke Berbagai Negara

No.	Negara	Peluang Ekspor	Jumlah Distribusi	% Ekspor
1.	Jepang	327.403,658	169.500	33,9 %
2.	Filipina	65.403,557	55.500	11,1 %
3.	Saudi Arabia	55.746,720	50.150	10,03 %
4.	United Kingdom	433.495,223	224.500	44,9 %
5.	Indonesia	885,224	350	0,07 %
Jumlah			500.000	100 %

Berdasarkan perhitungan kebutuhan etanol dalam negeri dan luar negeri yang dapat dilihat dari Tabel 1.14, maka diambil kapasitas prarancangan pabrik sebesar 500.000 Ton/Tahun dengan mencakup kebutuhan etanol di Indonesia dan luar negeri. Ditetapkan produksi untuk memenuhi kebutuhan etanol di Indonesia yaitu diambil 350 Ton atau 0,07 % dari kapasitas pabrik, dan etanol yang akan di ekspor ke negara Jepang sebesar 169.500 ton atau 33,9 % dari kapasitas pabrik, negara Filipina sebesar 55.500 ton atau 11,1 % dari kapasitas pabrik, negara Saudi Arabia sebesar 50.150 ton atau 10,03 % dari kapasitas pabrik, dan pada negara United Kingdom sebesar 224.500 ton atau 44,9 % dari kapasitas pabrik.

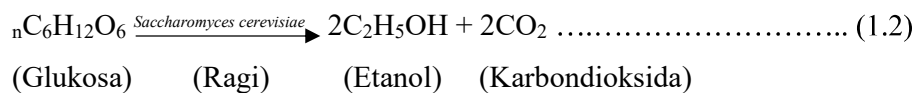
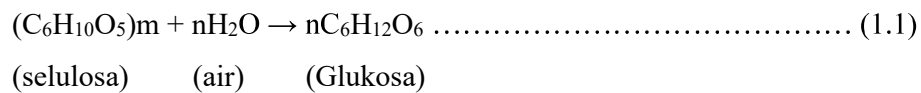
1.7 Seleksi Pemilihan Proses

Pada dasarnya proses pembuatan etanol yang beragam memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing. Proses pembuatan etanol terbagi menjadi tiga, yaitu proses fermentasi, hidrasi tidak langsung dan hidrasi langsung dengan katalis. Proses pembuatan etanol terbagi menjadi 3 yaitu sebagai berikut:

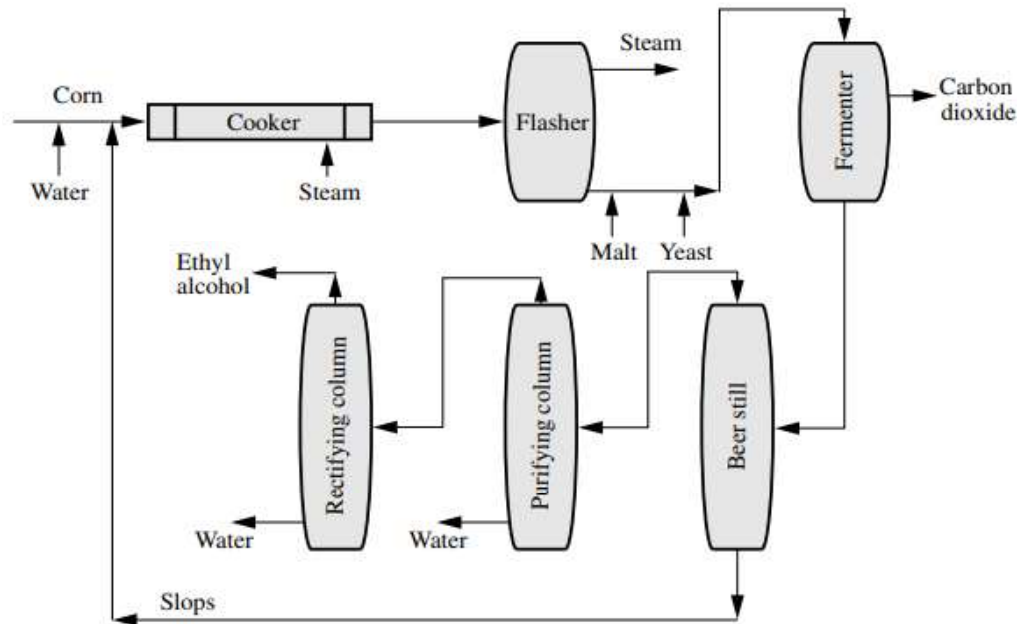
1.7.1 Fermentasi

Fermentasi adalah suatu kegiatan penguraian bahan - bahan karbohidrat yang tidak menimbulkan bau busuk dan menghasilkan gas karbondioksida. Bahan baku pembuatan etanol dapat dibuat dari molase ataupun pati tumbuhan seperti jagung. Proses pembuatan etanol dari pati dimulai dari jagung yang digiling menjadi tepung dan diekstrak untuk mengambil pati jagung. Kemudian pati dipanaskan dengan *steam* pada suhu 90-105°C dan ditambahkan enzim selulase serta direaksikan dengan air untuk memecah rantai pati menjadi glukosa. Glukosa

yang dihasilkan kemudian masuk ke *mixing tank* dan dicampurkan dengan air panas untuk mendapatkan konsentrasi gula 10-15%. Pada proses ini ditambahkan asam sulfat untuk menurunkan pH dari 5,3 ke 4-5. Disamping itu ditambahkan juga *nutrient* berupa ammonium sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ untuk memenuhi kebutuhan unsur nitrogen yang merupakan sumber pertumbuhan *yeast*. Proses selanjutnya yaitu sterilisasi bahan, dengan meningkatkan suhu hingga 60°C dan tekanan ± 1 bar kemudian didiamkan selama ± 1 jam. Setelah mengalami pencampuran pada *mixing tank*, selanjutnya masuk ke dalam tangki fermentor untuk di fermentasi. Reaksi fermentasi berlangsung secara eksotermis, walaupun begitu tangki fermentor tetap dijaga pada temperatur $70-88^\circ\text{F}$ ($21-31^\circ\text{C}$) agar mikroorganisme tetap hidup dan dapat berkerja secara optimal. Proses fermentasi ini membutuhkan waktu 28-72 jam (rata-rata sekitar 45 jam) untuk menghasilkan etanol dengan konsentrasi 8-10% dan karbondioksida. Konversi menjadi etanol dari proses fermentasi cukup tinggi yaitu 80%. Reaksi fermentasi yang terjadi dapat dilihat pada reaksi berikut:



Setelah proses fermentasi selesai, hasil fermentasi kemudian masuk ke dalam *beer still* untuk dipisahkan dengan residu padatan. Lalu masuk kedalam proses pemisahan yaitu kolom distilasi sehingga dapat menghasilkan produk akhir sekitar 92-94%% Etanol. Gambar 1.6 merupakan alur proses fermentasi dalam pembuatan etanol sebagai berikut.



Gambar 1.6 Alur Proses Fermentasi Dalam Pembuatan Etanol

(James G. Speight, 2002)

Tabel 1.15 Analisa Ekonomi Awal Proses Fermentasi

Parameter	Bahan Baku		Produk	
	Glukosa	Ragi	Etanol	CO ₂
Berat Molekul	180,16 gr/mol	-	46,07 gr/mol	44,009 gr/mol
Harga per kg (Rupiah)	Rp. 8.000	Rp. 33.600	Rp. 39.000	Rp. 10.000
Kebutuhan	$1 \text{ mol} \times 180,16 \text{ gr/mol} = 180,16 \text{ gr} = 0,18016 \text{ kg}$	$1 \text{ mol} \times 0 \text{ gr/mol} = 0 \text{ gr} = 0 \text{ kg}$	$1 \text{ mol} \times 46,07 \text{ gr/mol} = 46,07 \text{ gr} = 0,04607 \text{ kg}$	$1 \text{ mol} \times 44,009 \text{ gr/mol} = 44,009 \text{ gr} = 0,044009 \text{ kg}$
Harga Total	$0,18016 \text{ kg} \times \text{Rp. } 8.000 = \text{Rp. } 1.441,28$	$0 \text{ kg} \times \text{Rp. } 33.600 = \text{Rp. } 0$	$0,04607 \text{ kg} \times \text{Rp. } 39.000 = \text{Rp. } 1.796,73$	$0,044009 \text{ kg} \times \text{Rp. } 10.000 = \text{Rp. } 440,09$

Parameter	Bahan Baku		Produk	
	Glukosa	Ragi	Etanol	CO ₂
				10.000 = Rp. 440,09
Analisa Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Bahan Baku = (Rp. 1.796,73 + Rp. 440,09) – (Rp. 1.441,28 + Rp. 0) = Rp. 795,54			

(Sumber: Alibaba, 2025)

Berdasarkan hasil analisa ekonomi awal pada Tabel 1.15 maka diperoleh persentase keuntungan sebagai berikut:

$$\% \text{ keuntungan} = \frac{(\text{hasil analisa ekonomi awal})}{(\text{harga bahan baku})} \times 100$$

$$\begin{aligned} \% \text{ keuntungan} &= \frac{(\text{Rp. 795,54})}{(\text{Rp. 1.441,28})} \times 100 \\ &= 55,20 \% \end{aligned}$$

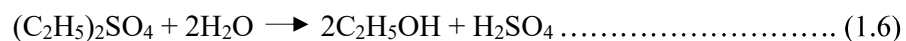
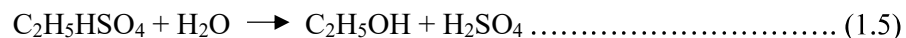
Maka persentase keuntungan produksi etanol yang didapat dari proses fermentasi yaitu sebesar 55,20 %. Dalam skala industri, ragi yang ditambahkan ke dalam tangki fermentor sekitar 300 lb ragi per batch.

1.7.2 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 satu reaktor, kondisi operasi pada suhu 80°C dan tekanan 12,24 atm. Konversi pada proses ini yaitu 95%. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut:

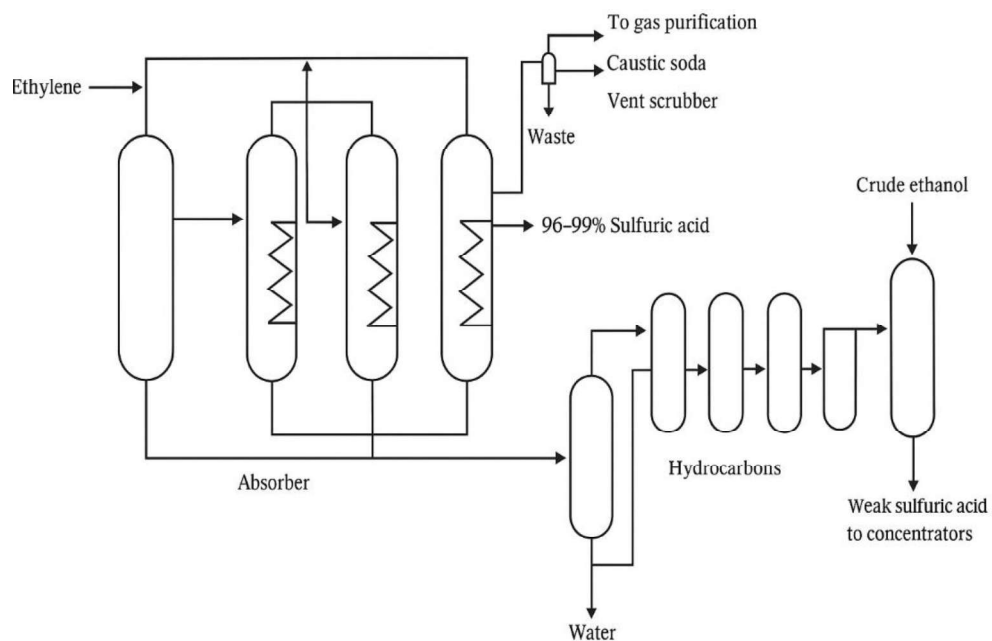


Reaksi berlangsung secara eksotermis, maka reaktor harus didinginkan. Produk keluar dari reaktor dihidrolisis menjadi etil alkohol, asam sulfat, etil eter dan sedikit zat-zat lain. Reaksi yang terjadi:





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 berlawanan arah. Produk atas scrubber adalah etanol, eter dan air mengalir ke menara distilasi. Proses ini, diperoleh etanol dengan kadar 77%. 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 1.7 merupakan alur proses hidrasi tidak langsung dalam pembuatan etanol.



Gambar 1.7 Alur Proses Hidrasi Tidak Langsung dalam Pembuatan Etanol

(James G. Speight, 2002)

Tabel 1.16 Analisa Ekonomi Awal Proses Hidrasi Tidak Langsung

Parameter	Bahan Baku			Produk	
	Etilena	Asam Sulfat	Air	Etanol	Dietil Eter
Berat Molekul	28,05 gr/mol	98,08 gr/mol	18,02 gr/mol	46,07 gr/mol	74,12 gr/mol
Harga per kg (Rupiah)	Rp. 15.000	Rp. 12.000	-	Rp. 39.000	Rp. 11.000
Kebutuhan	1 mol x 28,05 gr/mol = 28,05 gr = 0,02805 kg	1 mol x 98,08 g/mol = 98,08 gr = 0,09808 kg	1 mol x 18,02 gr/mol = 18,02 gr = 0,01802 kg	1 mol x 46,07 gr/mol = 46,07 gr = 0,04607 kg	1 mol x 74,12 gr/mol = 74,12 gr = 0,07412 kg
Harga Total	0,02805 kg x Rp. 15.000 = Rp. 420,75	0,09808 kg x Rp. 12.000 = Rp. 1.176,96	0,01802 kg x Rp. 0 = Rp. 0	0,04607 kg x Rp. 39.000 = Rp. 1.796,73	0,07412 kg x Rp. 11.000 = Rp. 815,32
Analisa Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Bahan Baku = (Rp. 1.796,73 + Rp. 815,32) – (Rp. 420,75 + Rp. 1.176,96 + Rp. 0) = Rp. 1.014,34				

(Sumber: Alibaba, 2025)

Berdasarkan hasil analisa ekonomi awal pada Tabel 1.16 maka diperoleh persentase keuntungan sebagai berikut:

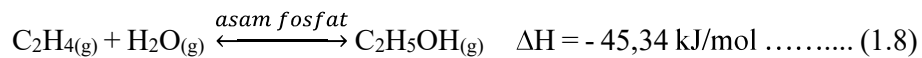
$$\% \text{ keuntungan} = \frac{(\text{hasil analisa ekonomi awal})}{(\text{harga bahan baku})} \times 100$$

$$\begin{aligned} \% \text{ keuntungan} &= \frac{(\text{Rp. 1.014,34})}{(\text{Rp. 1.597,71})} \times 100 \\ &= 63,48 \% \end{aligned}$$

Maka persentase keuntungan produksi etanol yang didapat dari proses hidrasi tak langsung yaitu sebesar 63,48 %.

1.7.3 Hidrasi Langsung dengan Katalis

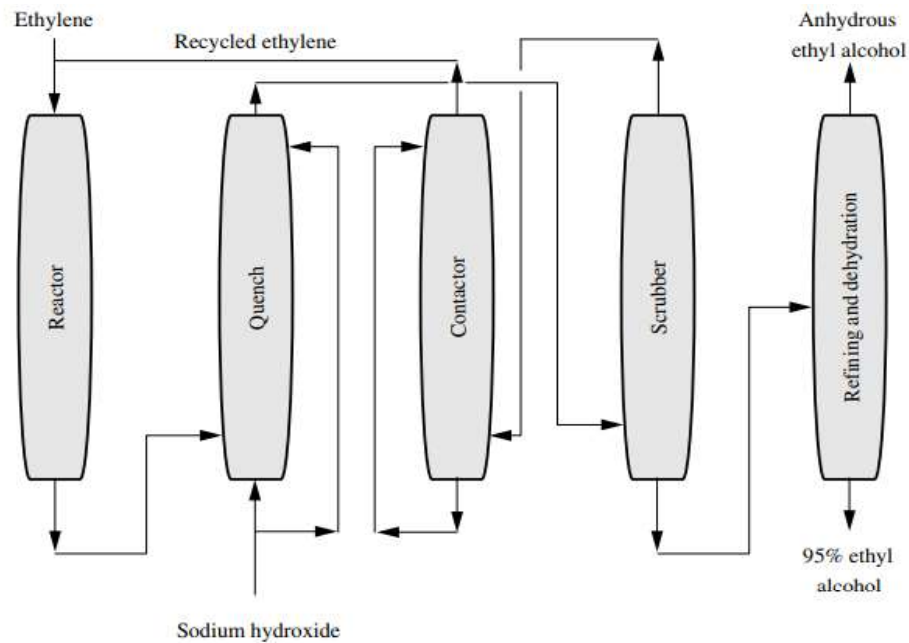
Reaksi hidrasi langsung dengan katalis ini berada dalam fase gas :



Seperti reaksi ekotermis lainnya, katalis diperlukan untuk menyesuaikan kecepatan reaksi pada suhu rendah. Katalis yang digunakan tidak bersifat korosif dalam hidrasi langsung karena digunakan dalam bentuk katalis padat yang diimpregnasi (ditempelkan) pada *carrier* seperti silika atau alumina. Etilena dan air bebas garam dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi 300°C dengan tekanan 78,95 atm. Isi gas etilena 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.

Aliran cairan menuju sistem pemurnian etanol, aliran uap dikontak dengan air untuk menghilangkan etanol, gas terbuang, sebagian besar etilena yang tidak bereaksi, diperkaya dengan umpan etilena segar dan didaur ulang ke reaktor. Konversi reaksi yang diperoleh cukup tinggi, yaitu 96 % dengan menggunakan katalis asam fosfat. Aliran produk cair diumpankan ke sistem distilasi untuk menghilangkan kotoran ringan dan untuk memulihkan etanol sebagai 96 % volume yang etanol-air *azeotrope*. Untuk menghasilkan etanol anhidrat, *azeotrope* etanol-air diumpankan ke sistem dehidrasi.

Keuntungan yang diberikan oleh proses ini adalah daur ulang air proses yang diperoleh kembali dalam proses pemurnian hingga sistem reaksi ini mengurangi jumlah air umpan *boiler* hingga kurang dari seperlima dari jumlah total air yang dimasukkan ke reaktor. Biaya investasi dan operasi yang diperlukan untuk mendukung fasilitas air umpan *boiler* juga berkurang. Air proses daur ulang juga mengurangi jumlah pembuangan air ke saluran pembuangan, sehingga mengurangi kerugian etanol dan bebas pada fasilitas pengurangan polusi. Gambar 1.8 merupakan alur proses hidrasi langsung dalam pembuatan etanol (Krik, 1983).



Gambar 1.8 Alur Proses Hidrasi Langsung dalam Pembuatan Etanol

(James G. Speight, 2002)

Tabel 1.17 Analisa Ekonomi Awal Proses Hidrasi Langsung

Parameter	Bahan Baku			Produk
	Etilena	Air	Asam Fosfat	Etanol
Berat Molekul	28,05 gr/mol	18,02 gr/mol	98 gr/mol	46,07 gr/mol
Harga per kg (Rupiah)	Rp. 15.000	-	Rp. 6.000	Rp. 39.000
Kebutuhan	1 mol x 28,05 gr/mol = 28,05 gr = 0,02805 kg	1 mol x 18,02 gr/mol = 18,02 gr = 0,01802 kg	1 mol x 98 gr/mol = 98 gr = 0,098 kg	1 mol x 46,07 gr/mol = 46,07 gr = 0,04607 kg
Harga Total	0,02805 kg x Rp. 15.000 = Rp. 420,75	0,01802 kg x Rp. 0 = Rp. 0	0,098 kg x Rp. 6.000 = Rp. 588,00	0,04607 kg x Rp. 39.000 = Rp. 1.797,73

Parameter	Bahan Baku			Produk
	Etilena	Air	Asam Fosfat	Etanol
Analisa Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Bahan Baku = Rp. 1.797,73 – (Rp. 420,75 + Rp. 0 + Rp. 588,00) = Rp. 788,98			

(Sumber: Alibaba, 2025)

Berdasarkan hasil analisa ekonomi awal pada Tabel 1.17 maka diperoleh persentase keuntungan sebagai berikut:

$$\% \text{ keuntungan} = \frac{(\text{hasil analisa ekonomi awal})}{(\text{harga bahan baku})} \times 100$$

$$\begin{aligned} \% \text{ keuntungan} &= \frac{(\text{Rp. 788,98})}{(\text{Rp. 1.008,75})} \times 100 \\ &= 78,21 \% \end{aligned}$$

Maka persentase keuntungan produksi etanol yang didapat dari proses hidrasi langsung dengan katalis yaitu sebesar 78,21 %.

1.7.4 Perbandingan Proses

Berdasarkan uraian setiap proses pada pembuatan etanol dengan etilena dan *steam* yang telah di uraikan, maka pada pra rancangan pabrik ini dipilih menggunakan proses hidrasi langsung dengan katalis asam fosfat. Proses ini dipilih karena konversi menghasilkan kemurnian yang tinggi, bahan baku yang digunakan lebih sedikit dibanding dengan proses yang lain, dan analisa ekonomi awal yang lebih menguntungkan. Tabel 1.18 menunjukkan perbandingan setiap proses serta kelemahan dan kelebihan dari masing masing proses.

Tabel 1.18 Perbandingan Setiap Proses Pembuatan Etanol

No.	Parameter	Jenis Proses Pembuatan Etanol		
		Fermentasi	Hidrasi Tidak Langsung	Hidrasi Langsung dengan Katalis
1.	Bahan Baku	Pati, Selulosa, Glukosa dan Ragi	Etilena, Asam Sulfat dan Air	Etilena, Air dan Asam Fosfat
2.	Proses	<i>Batch</i>	Kontinyu	Kontinyu
3.	Reaksi	$\begin{aligned} &\circ \text{ (C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5\text{)}_m + n\text{H}_2\text{O} \rightarrow n\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \\ &\circ n\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{Saccharomyces cerevisiae} \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2 \end{aligned}$	$\begin{aligned} &\circ \text{ C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{SO}_4 \\ &\circ 2\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{SO}_4 \\ &\circ \text{ C}_2\text{H}_5\text{HSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \\ &\circ (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \\ &\circ (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{SO}_4 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{HSO}_4 + (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O} \end{aligned}$	$\begin{aligned} &\text{C}_2\text{H}_{4(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \xrightleftharpoons{\text{asam fosfat}} \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(g)} \end{aligned}$
4.	Jenis Reaksi	Eksotermis	Eksotermis	Eksotermis
5.	Kondisi Operasi	25 – 30°C, 1 atm	80°C, 12,24 atm	300°C, 78,95 atm
6.	Produk Samping	CO ₂	Dietil sulfat, Dietil eter dan air	Air
7.	Katalis	Ragi	Asam Sulfat	Asam Fosfat
8.	Konversi	80%	90%	96%

No.	Parameter	Jenis Proses Pembuatan Etanol		
		Fermentasi	Hidrasi Tidak Langsung	Hidrasi Langsung dengan Katalis
9.	Analisa Ekonomi Awal	Rp. 795,54 (55,20 %)	Rp. 1.014,34 (63,48 %)	Rp. 788,98 (78,21 %)

Berdasarkan Tabel 1.18 dapat dipilih proses pembuatan etanol dengan menggunakan proses hidrasi langsung dengan pertimbangan sebagai berikut.

1. Bahan baku yang digunakan murah, mudah didapat, dan tidak korosif.
2. Konversi yang dihasilkan cukup tinggi.
3. Dengan menggunakan katalis diperoleh tingkat kecepatan reaksi yang lebih tinggi.
4. Analisa ekonomi awal yang lebih besar.
5. Katalis yang digunakan bersifat heterogen dan tidak korosif dalam hidrasi langsung karena digunakan dalam bentuk katalis padat yang diimpregnasi (ditempelkan) pada *carrier* seperti silika atau alumina, sehingga proses pemisahan katalis lebih mudah dan tidak memerlukan peralatan yang tahan terhadap korosi.

1.8 Pemilihan Lokasi Pabrik

Berdasarkan hasil pemilihan proses di atas, maka bahan baku utama berupa etilena yang berasal dari gas alam paling banyak ditemukan di sekitar Lhokseumawe yaitu diperoleh dari PT. Perta Arun Gas. Oleh karena itu, lokasi pabrik etanol direncanakan dibangun di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Arun Lhokseumawe, tepatnya berada di Jl. Rancong, Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh dengan luas 387.265,37 m². Kawasan ini merupakan kawasan strategis dengan berbagai fasilitas dan kemudahan investasi. KEK Arun memiliki infrastruktur pendukung yang memadai seperti pelabuhan, akses transportasi darat yang baik, serta utilitas yang menunjang kebutuhan industri skala besar. Peta lokasi pabrik etanol dapat dilihat pada Gambar 1.9.



Gambar 1.9 Lokasi Pabrik Etanol

Pertimbangan-pertimbangan pemilihan lokasi pabrik dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, penyediaan bahan baku, pemasaran, utilitas, tenaga kerja dan transportasi.

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan elemen utama dalam kelangsungan produksi, sehingga penyediaannya menjadi prioritas utama. Pembuatan etanol membutuhkan etilena dan air sebagai bahan baku. Etilena diperoleh dari gas alam PT. Perta Arun Gas, Lhokseumawe, dengan kapasitas 450 MMScfd, dan akan diolah menjadi etilena di area yang sama dengan pabrik etanol. Kapasitas produksi etilena dirancang sebesar 550.000 ton per tahun. Air sebagai bahan baku akan diambil dari Sungai Peusangan yang terletak di Kecamatan Peusangan, Kabupaten Bireuen, Aceh. Selain itu, pabrik ini juga menggunakan katalis padat berupa asam fosfat, yang akan dipasok oleh PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas produksi 400.000 ton per tahun, berlokasi di Jl. Jenderal Ahmad Yani, Kebomas, Gresik, Indonesia.

2. Pemasaran

Orientasi pemasaran ditujukan pada pemenuhan kebutuhan Etanol dalam negeri dan untuk ekspor. Daerah pemasaran sebagian besar berada di luar daerah Sumatera, sehingga harus ditempuh terutama lewat jalur laut. Hal ini tidak menjadi masalah karena Etanol adalah bahan baku yang sangat dibutuhkan bagi banyak

industri terutama di Pulau Jawa dan Sumatera yang selama ini penyediaannya sangat tergantung pada impor. Adapun kegunaan Etanol dalam dunia industri cukup luas yaitu sebagai parfum, pewarna makanan, minuman beralkohol, obat – obatan, dan bahan bakar mobil.

3. Utilitas

Hal lain yang mendukung pemilihan pabrik di daerah Kota Lhokseumawe ini adalah dekat dengan sumber air. Untuk kebutuhan air pendingin, pemadam kebakaran dan air sanitasi dapat diperoleh dari Sungai Peusangan, Kecamatan Peusangan Kabupaten Bireun, Aceh yang di olah atau diproses pada pabrik di unit utilitas. Perlu diperhatikan sarana-sarana pendukung seperti tersedianya listrik dan sarana pendukung lainnya. Untuk kebutuhan listrik dapat dipenuhi dengan adanya jaringan PLN dan generator. Sedang kebutuhan air dapat dipenuhi oleh pihak pengelola kawasan industri.

4. Tenaga Kerja

Aceh khususnya Kota Lhokseumawe memiliki tenaga kerja yang cukup, baik dari segi jumlah maupun keterampilan, terutama karena keberadaan industri besar sebelumnya. Tenaga kerja lokal dapat dimanfaatkan untuk operasional dan manajemen pabrik. Dengan dukungan lembaga pendidikan dan pelatihan yang menghasilkan tenaga kerja terampil, pabrik ini akan mendukung pengembangan sektor industri dan memenuhi kebutuhan pasar etanol.

5. Transportasi

Transportasi sangat penting bagi suatu industri. Di daerah Lhokseumawe, sarana transportasi juga cukup mendukung kegiatan industri, terutama melalui jalur darat dan laut. Kota ini memiliki pelabuhan yang memadai untuk kegiatan ekspor dan impor, serta akses jalan yang baik menuju kawasan industri. Meskipun tidak sepadat daerah lain, transportasi di Lhokseumawe cukup untuk mendukung pengangkutan bahan baku, bahan pembantu, dan produk industri.

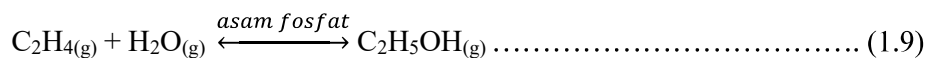
1.9 Tinjauan Termodinamika

Secara termodinamika, reaksi pembuatan etanol melalui hidrasi langsung ditentukan oleh perubahan entalpi, energi gibbs, perubahan entropi dan konstanta

kesetimbangan yang mempengaruhi spontanitas dan kesetimbangan reaksi. Proses hidrasi langsung etanol melibatkan reaksi antara etilena (C_2H_4) dan uap air (H_2O) dalam fase gas yang menghasilkan etanol (C_2H_5OH) sebagai produk dan reaksi ini dikatalisis oleh asam fosfat.

Dalam studi ini, model termodinamika yang digunakan adalah NRTL-RK. Menurut Ayaou *et al* (2020), model termodinamika NRTL-RK dipilih karena dapat menggambarkan sifat campuran terhadap data eksperimental sistem, khususnya pada campuran biner. Model ini dianggap paling akurat dalam mempresentasikan perilaku non ideal campuran dibandingkan model lainnya.

Reaksi pada keadaan setimbang:



Tabel 1.19 Harga H°_f Masing-masing Komponen pada 298 K (25°C)

Komponen	H°_f (kJ/mol)
$C_2H_{4(g)}$	52,47
$H_2O_{(g)}$	- 241,83
$C_2H_5OH_{(g)}$	- 234,7

(Sumber : NIST *Chemistry WebBook*, 2025)

Maka, ΔH° reaksi pada suhu 298 K, 1 atm

$$\begin{aligned}
 \Delta H^\circ \text{reaksi (298 K)} &= \Delta H^\circ_f (\text{produk}) - \Sigma \Delta H^\circ_f (\text{reaktan}) \\
 &= (-234,7) - (52,47 + (-241,83)) \\
 &= (-234,7) - (-189,36) \\
 &= -45,34 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Tabel 1.20 Harga H°_f Masing-masing Komponen pada 573 K (300°C)

Komponen	H°_f (kJ/mol)
$C_2H_{4(g)}$	44,37
$H_2O_{(g)}$	- 236,65
$C_2H_5OH_{(g)}$	- 291,54

(Sumber: Aspen Hysys, 2025)

Maka, ΔH° reaksi pada suhu 573 K, 78,95 atm

$$\Delta H^\circ \text{reaksi (573 K)} = \Delta H^\circ_f (\text{produk}) - \Sigma \Delta H^\circ_f (\text{reaktan})$$

$$\begin{aligned}
 &= (-291,54) - (44,37 + (-236,65)) \\
 &= (-291,54) - (-192,28) \\
 &= -99,26 \text{ kJ/mol} \\
 &= -99.260 \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

Reaksi yang terjadi pada reaksi diatas merupakan reaksi eksotermis karena harga enthalpi reaksi bernilai negatif sehingga reaksi melepas panas (Smith dkk, 2018).

Tabel 1.21 Harga S°_f Masing-masing Komponen pada 298 K (25°C)

Komponen	S°_f (J/mol.K)
$C_2H_{4(g)}$	219,32
$H_2O_{(g)}$	188,84
$C_2H_5OH_{(g)}$	282,69

(Sumber : NIST *Chemistry WebBook*, 2025)

Maka, $\Delta S^\circ_{\text{reaksi}}$ pada suhu 298 K, 1 atm

$$\begin{aligned}
 \Delta S^\circ_{\text{reaksi}} (298 \text{ K}) &= \Delta S^\circ_f (\text{produk}) - \Sigma \Delta S^\circ_f (\text{reaktan}) \\
 &= (282,69) - (219,32 + 188,84) \\
 &= (282,69) - (408,16) \\
 &= -125,47 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Tabel 1.22 Harga S°_f Masing-masing Komponen pada 573 K (300°C)

Komponen	S°_f (J/mol.K)
$C_2H_{4(g)}$	193,34
$H_2O_{(g)}$	104,12
$C_2H_5OH_{(g)}$	-95,93

(Sumber: Aspen Hysys, 2025)

Maka, $\Delta H^\circ_{\text{reaksi}}$ pada suhu 573 K, 78,95 atm

$$\begin{aligned}
 \Delta S^\circ_{\text{reaksi}} (573 \text{ K}) &= \Delta S^\circ_f (\text{produk}) - \Sigma \Delta S^\circ_f (\text{reaktan}) \\
 &= (-95,93) - (193,34 + 104,12) \\
 &= (-95,93) - 297,46 \\
 &= -393,39 \text{ J/mol.K}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa $\Delta S^\circ < 0$, yang berarti terjadi penurunan entropi pada kondisi suhu 573 K dan tekanan 78,95 atm. Dari perhitungan ΔS° maka didapatkan nilai ΔG° reaksi sebagai berikut.

ΔG° reaksi pada 573 K, 78,95 atm

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= \Delta H^\circ(573 \text{ K}) - T \Delta S^\circ(573 \text{ K}) \\ &= -99.260 \text{ J/mol} - ((573 \text{ K})(-393,39 \text{ J/mol.K})) \\ &= -99.260 \text{ J/mol} - (-225.412,47 \text{ J/mol}) \\ &= -126.152,47 \text{ J/mol} \\ &= -126,15 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa $\Delta G^\circ < 0$, yang berarti reaksi dapat berlangsung secara spontan pada kondisi suhu 573 K dan tekanan 78,95 atm.