

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakan Pendirian Pabrik

Di negara Indonesia sedang meningkatkan pembangunan di segala bidang industri khususnya bidang industri kimia. Kekuatan ekonomi akan meningkat jika mampu menghasilkan sendiri sebagian besar barang-barang kebutuhan utama, terutama didalamnya produk-produk industri. Sebagai negara besar, Indonesia perlu bersaing di sektor industri membantu mengurangi ketergantungan terhadap negara lain, terutama dalam industri kimia. Pabrik etanol sering didirikan untuk memenuhi permintaan energi terbarukan dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Hal ini berkaitan dengan upaya global untuk mengurangi emisi karbon dan dampak perubahan iklim. Karena sifatnya yang tidak beracun bahan ini banyak dipakai sebagai pelarut dalam dunia farmasi dan industri makanan dan minuman. Etanol, juga dikenal sebagai alkohol etil, adalah senyawa kimia dengan rumus molekul C_2H_5OH . Etanol merupakan salah satu alkohol paling sederhana dan paling banyak digunakan, baik dalam industri maupun kehidupan sehari-hari. Etanol merupakan cairan yang tidak berwarna, mudah menguap, dan mudah terbakar. (Abrina, dkk. 2017).

Kebutuhan Etanol semakin meningkat dari tahun ke tahun dan Indonesia terus melakukan impor untuk memenuhi kebutuhan tersebut. selain itu juga berguna sebagai bahan disinfektan untuk peralatan kedokteran dan rumah sakit. Oleh karena kegunaan yang luas tersebut maka berdirinya pabrik ethanol akan memacu berdirinya industri-industri lain. Jadi dengan didirikannya pabrik Ethanol di Indonesia diharapkan bisa memberikan keuntungan sebagai berikut:

1. Penciptaan lapangan kerja, yaitu berkurangnya pengangguran.
2. Gunakan standar etanol untuk merangsang pertumbuhan industri baru.
3. Mengurangi ketergantungan impor.
4. Peningkatan pendapatan pemerintah dari industri dan tabungan dalam mata uang lokal.

Proyeksi kebutuhan etanol dalam negeri semakin meningkat seiring dengan

peningkatan industri-industri yang memakainya. Oleh sebab itu pendirian pabrik etanol dirasakan sangat perlu karena pada saat ini pabrik yang memproduksi etanol masih sedikit. Oleh karena itu, pendirian pabrik etanol di Indonesia memiliki peluang yang cukup besar.

1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam menetapkan kapasitas pabrik etanol yang akan dibangun, beberapa aspek dipertimbangkan sebagai parameter yang menentukan besar kecilnya kapasitas pabrik. Dibutuhkan beberapa acuan untuk menentukan kapasitas pabrik adalah:

1. Prakiraan Kebutuhan etanol di Indonesia.
2. Ketersediaan bahan baku.

Menurut data BPS (Badan Pusat Statistik), dapat dilihat bahwa jumlah etanol mengalami fluktuatif yang dimana jumlah impornya mengalami cenderung mengalami peningkatan. Hal tersebut dapat diketahui dari uraian berikut:

1.2.1 Data Impor Etanol di Indonesia

Sejauh ini Indonesia terus melakukan impor etanol untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Berikut ini merupakan data impor etanol yang diperoleh dari badan pusat statistik (BPS):

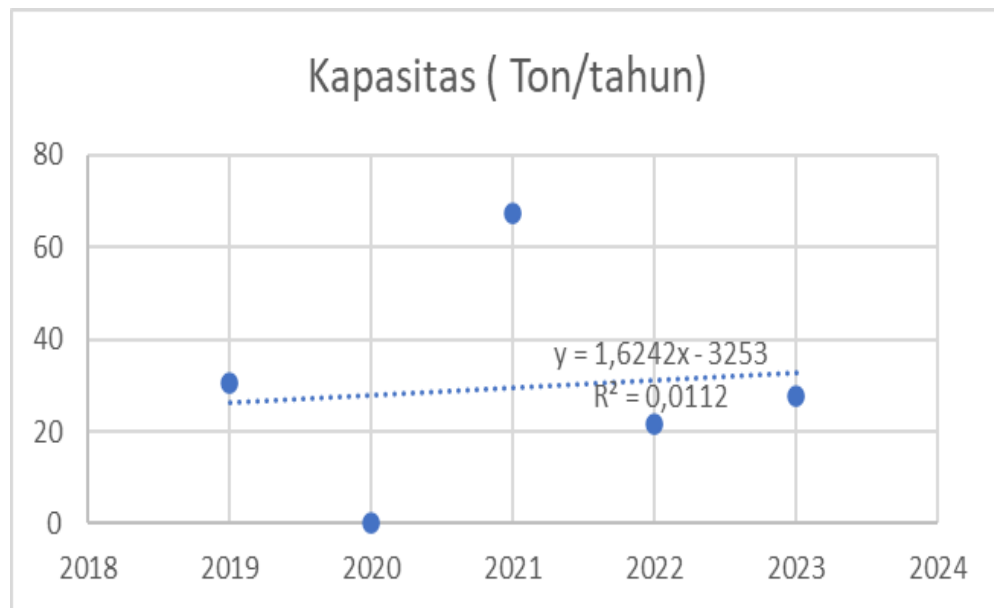
Tabel I.1 Data Impor Etanol di Indonesia

No	Tahun	Impor (Ton/Tahun)	kebutuhan
1.	2019	30.407	-
2.	2020	40.125	0,3196
3.	2021	67.445	0,6809
4.	2022	21.555	-0,6804
5.	2023	27.850	0,2920
Total			0,6121
Rata-rata peningkatan pertahun			0,1530

Sumber : BPS, 2023

Berdasarkan data impor etanol yang tercantum pada-Tabel 1.1 dapat dilihat bahwa jumlah etanol mengalami fluktuatif yang dimana jumlah impornya mengalami cenderung mengalami peningkatan. Jika pabrik etanol dirancang akan

dibangun pada tahun 2028. Maka dapat diperkirakan kebutuhan etanol menggunakan metode regresi linear pada tahun 2028. Berikut ini adalah grafik perkiraan impor etanol Indonesia



Gambar 0.1 Grafik Impor Kebutuhan Etanol di Indonesia

Rumus pertumbuhan rata-rata :

$$F = F_0 (1+i)^n$$

Dimana :

F : Perkiraan kebutuhan etanol pada tahun 2028

F₀ : Kebutuhan etanol pada tahun terakhir (2023)

i : Perkembangan rata-rata

n : Selisih waktu

Apabila akan dibangun pabrik etanol pada tahun 2028, maka digunakan rumus pertumbuhan rata-rata :

$$F = F_0 (1+i)^n$$

$$F = 27.850 (1 + 0,1530)^5$$

$$F = 56.757 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan persamaan yang diperoleh, dapat diperkirakan bahwa untuk memenuhi semua kebutuhan etanol yang ada di Indonesia pada tahun 2028 yaitu sekitar 56.757 ton/tahun, akan tetapi kami hanya akan memenuhi setengah dari seluruh kebutuhan tersebut sekitar 45% dengan kapasitas 25.000 ton/tahun. Dengan beberapa alasan:

1. Pabrik yang dibangun adalah pabrik baru
2. Banyaknya pabrik etanol yang ada di Indonesia
3. Sehingga, akan banyaknya persaingan antara pabrik etanol (harga, kualitas, dll)

Diharapkan dengan membangun pabrik etanol ini dapat menjadi sumber penyedia kebutuhan etanol di Indonesia serta Sebagian kecilnya dapat di ekspor.

Penentuan kapasitas produksi etanol didasarkan pada ketersediaan bahan baku dan permintaan etanol di Indonesia. Bahan baku berupa etilen bersumber dari pabrik Cilegon. Pabrik Etanol dengan kapasitas 25.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2028 untuk memenuhi sebagian kebutuhan dalam negeri dan mengurangi ketergantungan ekspor untuk memenuhi pasokan dalam negeri dan internasional.

1.2.2 Data Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Di Indonesia sendiri terdapat beberapa pabrik produksi etanol yang telah berdiri cukup lama dan diantaranya memiliki angka produksi pertahun yang berkisar dari yang terkecil. Berikut data produksi etanol berdasarkan pabrik yang telah berdiri di Indonesia pada Tabel 1.2 di bawah :

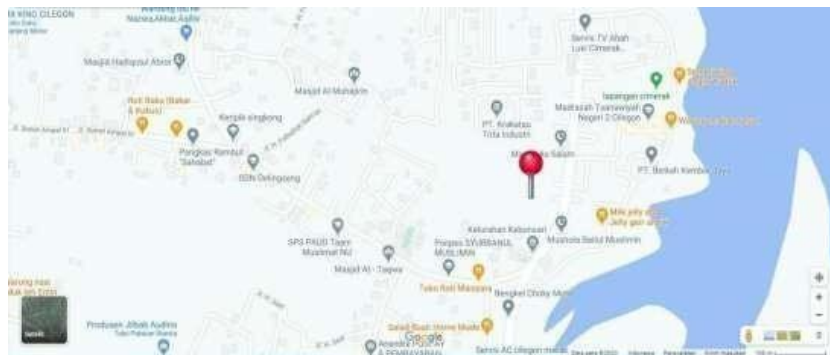
Tabel I. 2 Pabrik Etanol di Indonesia beserta kapasitas produksi

No	Perusahaan	Lokasi	Ton/Tahun
1.	PT. Molindo Raya Industrial	Malang	28.250
2.	PT. Energi Agro Nusantara	Mojokerto	12.000
3.	PT. Etanol Ceria Abadi	Jombang	4.000
4.	PT. Indo Acidatama	Karanganyar	14.830
5.	PT. Indolampung	Lampung	39.450

Penentuan kapasitas produksi etanol didasarkan pada ketersediaan bahan baku dan permintaan etanol di Indonesia. Bahan baku berupa etilen bersumber dari pabrik Cilegon. Pabrik etanol dengan kapasitas 25.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2028 untuk memenuhi sebagian kebutuhan bioethanol dan mengurangi ketergantungan ekspor untuk memenuhi kebutuhan.

I.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi geografis pabrik memiliki dampak besar pada kelangsungannya. Sebelum mendirikan pabrik perlu dilakukan kajian dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang relevan. Dalam menentukan lokasi pabrik, kami mempertimbangkan beberapa faktor untuk memastikan bahwa pabrik tersebut layak secara teknis dan ekonomis serta akan dibangun secara menguntungkan, antara lain: Pasokan air, transportasi, kebutuhan tenaga kerja, perluasan lokasi, karakteristik lokasi, kebijakan pemerintah, limbah pabrik.



Gambar I.2 Denah Lokasi Pabrik

Dengan pertimbangan tersebut, lokasi pabrik di Kawasan Industri PT Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) Cilegon, Banten, dekat PT. Chandra Asri Petrochemical, Jl. Raya Brigadir Katamso dengan alasan :

I.3.1 Penyediaan Bahan Baku

Adanya kebutuhan bahan baku sangat diperlukan untuk menjamin kelangsungan produksi pabrik. bahan baku utama pabrik produksi etanol adalah etilen dan air. Etilen dapat ditemukan di pabrik yang ada indonesia. Sampai saat ini. Pemasok bahan baku utama adalah Chandra asri petrochemical Tbk, Cilegon. Bahan baku lainnya yaitu air bersumber dari sungai dengan cara diolah terlebih dahulu. Kedekatan bahan baku pada tempat pabrik merupakan hal penting dalam memilih tempat atau lokasi dengan biaya transportasi yang murah. Pelabuhan cilegon sangat dekat dengan lokasi pabrik, bahkan bahan baku harus didatangkan dari luar negeri.

I.3.2. Pemasaran Produk

Etanol banyak dibutuhkan dalam industri farmasi, kosmetik, minuman beralkohol, dan laboratorium. Banyak industri yang membutuhkan etanol sebagai bahan baku atau *co-feedstock* di Pulau Jawa memiliki pelabuhan alam yang sangat mendukung. Wilayah Tangerang baik daratan maupun sekitarnya direncanakan pemerintah sebagai pusat pengembangan manufaktur wilayah Banten. Penentuan lokasi pabrik sangatlah penting karena menentukan kelancaran kegiatan usaha suatu perusahaan. Pertimbangan ini memastikan tersedia cukup lahan untuk membangun pabrik.

I.3.3. Utilitas

Air, listrik, bahan bakar dan utilitas lainnya tersedia sepenuhnya. Listrik yang dibutuhkan dapat disediakan oleh PLN dan generator sebagai cadangan dan airnya dapat diperoleh dari sungai atau air laut. Bahan bakar yang dibutuhkan, solar yang menggerakkan genset, berasal dari Pertamina.

I.3.4. Fasilitas Transfortasi

Mendistribusikan hasil produksi dan mendapatkan bahan baku dapat diangkut melalui jalur darat dan laut. Pabrik ini berlokasi berdekatan dengan jalan raya yang dapat menjadi jalan penhubung ke kota-kota besar dan fasilitas kelautan, sehingga memudahkan penyebaran produksi.

I.3.5. Tenaga Kerja

Lokasi pabrik terletak di dekat masyarakat setempat untuk memfasilitasi perekrutan tenaga kerja. Ketersediaan pekerja yang berkualitas dan terlatih mempercepat proses produksi.

I.3.6. Keadaan Iklim

Mengingat Indonesia memiliki iklim tropis dengan suhu antara 20 °C hingga 30°C, maka lokasi yang dipilih sangat stabil. Sehingga produksi dan operasi pada pabrik diharapkan bisa berjalan dengan lancar mengingat kemungkinan bencana alam misalnya tanah longsor, gempa bumi, maupun banjir bandang jarang terjadi.

I.3.7. Faktor Penunjang

Pemerintah telah menetapkan Cilegon sebagai kawasan industri faktor ketersediaan energi listrik, iklim, air, bahan bakar bukanlah suatu kendala karena telah dilakukan pertimbangan sebelum penetapan kawasan tersebut. Maka dari itu Cilegon dapat dikatakan layak dijadikan pabrik Etanol di Indonesia.

1.4. Tinjauan Pustaka

Etanol dikenal dengan nama alkohol. Etanol (etil alkohol) dengan rumus kimia C_2H_5OH adalah salah satu turunan dari senyawa hidroksil atau gugus OH. Etanol mempunyai sifat tidak berwarna, mudah menguap, mudah larut dalam air, memiliki berat molekul 46,1, titik didih $78,3\text{ }^{\circ}C$, membeku pada suhu $-117,3^{\circ}C$, densitas 0,789 pada suhu $20\text{ }^{\circ}C$

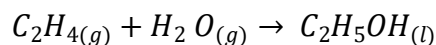
Berdasarkan kadar alkoholnya, etanol terbagi menjadi tiga grade yaitu:

1. Grade industri dengan kadar alkohol 90-94 %.
2. Netral dengan kadar alkohol 96-99,5 %. Umumnya digunakan untuk minuman keras atau bahan baku farmasi.
3. Grade bahan bakar dengan kadar alkohol diatas 99,5 – 100 %

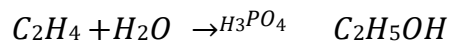
(Hendrawati, 2019).

1.4.1. Dasar Reaksi dan Mekanisme Reaksi

Dasar reaksi pembentukan etanol :



Mekanisme reaksi pembentukan etanol :



Proses pembentukan etanol menggunakan proses hidrasi langsung antara etilen dengan air dalam skala industri berlangsung pada suhu $250^{\circ}C$ dan tekanan 69 atm dengan bantuan katalis asam fosfat.

1.4.2. Pemilihan Proses

Proses pembuatan etanol dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain:

1. Hidrasi Tidak Langsung

Proses *Esterifikasi* dan Hidrolisis Etilen (hidrasi tidak langsung)

Etanol sintetik dapat diproduksi dari senyawa etilen melalui rangkaian proses esterifikasi dan hidrolisis. Reaksi yang terjadi pada rangkaian proses ini adalah :

Etanol pada proses ini diproduksi dengan absorpsi etilen dalam asam sulfat untuk mendapatkan campuran etil sulfat, kemudian larutan tersebut

dihidrolisis sehingga diperoleh campuran etanol dan asam sulfat. Etanol yang diperoleh dimurnikan dalam kolometer, selanjutnya senyawa etil eter dihilangkan menggunakan steam. Alkohol yang didapat dari kolom eter kemudian dimasukkan kedalam kolom distilasi dan dimurnikan hingga mencapai kemurnian 95% dan asam sulfat dipekatkan untuk digunakan kembali dalam proses. Etilen yang digunakan sebagai bahan baku untuk proses ini berasal dari proses cracking dari stock gases etane-propane.

Gas hasil cracking tersebut kemudian dilucuti oleh natrium bikarbonat dan air dan kemudian dimurnikan. Perolehan etanol dari proses ini adalah sekitar 1 gallon etanol per 4 lb etilen dengan kemurnian etanol sekitar 95 %.

(Pratomo, 2016.).

2. Hidrasi Langsung dengan Katalis

Proses ini dilakukan dalam fasa uap yang melibatkan reaksi katalitik dengan penambahan air pada etilen. Asam fosfat sebagai katalis reaksi langsung dipasang dalam support inert seperti celite diatomite.

Reaksi pembentukan etanol merupakan reaksi kesetimbangan yang bersifat eksotermik mengikuti persamaan reaksi sebagai berikut :



Konversi reaksi relatif rendah sehingga daur ulang sangat bermanfaat untuk meningkatkan perolehan produk. Kondisi reaksi pada proses hidrasi langsung dilakukan pada tekanan 69-80 atm dan temperatur 250-300°C. Etilen dan uap air bersuhu tinggi dicampur dan kemudian dilewatkan melalui katalis asam. Konversi etilen dibatasi dengan 4-5% dalam kondisi ini dan etilen di daur ulang. Produk reaksi berada dalam fasa uap dengan suhu yang lebih tinggi daripada suhu umpan masuk karena reaksinya bersifat eksotermik. (Hidzir, 2015.).

Maka dibuatlah tabel dengan perbandingan diantara kedua proses tersebut pada tabel I.3

Tabel I.3 perbandingan dari kedua proses

No.	Variabel/parameter	Hidrasi langsung dengan katalis	Hidrasi tidak langsung
1.	Suhu	250°C – 300°C	> 190°C
2.	Tekanan	69-80 atm	10-35 atm
3.	Konversi	99%	77%
4.	Reaksi	Gas-Gas	Gas-Cair
5.	Proses	Rumit butuh katalis, proses lebih pendek tidak ada penggunaan asam kuat	Rumit butuh katalis, proses lebih panjang berinteraksi dengan asam kuat
6.	Katalis	Asam Fosfat (H_3PO_4)	Asam Sulfat (H_2SO_4)

Dari kedua proses diatas dapat dilihat perbedaan proses dalam pembuatan Etanol pada beberapa perbandingan. Karena kermunian etanol yang di inginkan sekitar 99% maka proses yang kita gunakan pada pembuatan etanol ini adalah proses hidrasi langsung dengan katalis.

1.4.3 Tinjauan Kinetika

Dari kinetika, laju reaksi etilen untuk membentuk etanol meningkat dengan meningkatnya suhu. Menurut Persamaan Arrchenius (Hawkes, 1992).

$$k = A \cdot e^{E_a/RT}$$

$$\ln k = A \cdot e^{E_a/RT}$$

keterangan:

k = konstanta kecepatan reaksi

A = faktor frekuensi tumbukan

E_a = energi ativasi

R = konstanta gas

T = suhu

Berdasarkan jurnal (Buchori, L. 2012) maka nilai $k = 1,16142 \times 10^{19}$

1.4.4 Tinjauan Termodinamika

Suatu reaksi dapat dikatakan sebagai reaksi eksotermis dan endotermis dapat di tentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta H_R (298K) = \Sigma \Delta H^{\circ}f (\text{produk}) - \Sigma \Delta H^{\circ}f (\text{reaktan})$$

Untuk mengetahui reaksinya *irreversible* atau *reversible* (harga K) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan konstanta kesetimbangan berikut :

$$\Delta G^{\circ} = - RT \ln K$$

$$\ln K = \frac{\Delta G^{\circ}}{-RT}$$

$$\frac{\ln k_1}{\ln k_2} = \frac{\Delta G^{\circ}}{-RT} \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right]$$

Keterangan:

ΔG = Energi Gibbs (kJ/mol)

K_0 = Konstanta pada suhu referensi ($T = 298 \text{ K}$)

K_1 = Konstanta keseimbangan pada suhu operasi ($T = 523,15 \text{ K}$)

T_1 = Tmperature operasi ($T = 523,15 \text{ K}$)

T_2 = Temperature operasi ($T = 298 \text{ K}$)

R = Tetapan Gas (8,314 J/mol K)

Tabel I.4 Harga ΔG dan ΔH

Komponen	$\Delta H^{\circ}f_{298,15} \text{ (kJ/mol)}$	$\Delta G^{\circ}_{29,15} \text{ (kJ/mol)}$
Etanol	-56,03	-40,13
Etilen	12,496	16, 282
Air	-57,7979	-54,6351

Maka :

$$\begin{aligned}
 \Delta H_R (298,15 \text{ K}) &= \Sigma \Delta H^{\circ}f (\text{produk}) - \Sigma \Delta H^{\circ}f (\text{reaktan}) \\
 &= (-56,03 + (-57,7979)) - 12,496 \\
 &= -126,324 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Karena nilai ΔH yang dihasilkan bernilai negative, maka reaksinya bersifat eksotermis yaitu reaksi yang menghasilkan panas, sehingga harus ditambah pendingin untuk mengontrol reaksi tetap isothermal.

$$\begin{aligned}\Delta G_R &= \Sigma \Delta G(\text{produk}) - \Sigma \Delta G(\text{reaktan}) \\ &= (-40,13 + (-54,6351) - 12,496) \\ &= -111,047 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G_R^\circ &= -RT \cdot \ln K \\ &= -111,047 \cdot -(8,134 \times 10^{-3} \times 298,15) \ln K\end{aligned}$$

$$\ln K^\circ = \frac{(111,047 \text{ kcal/gmol})}{-2,4788}$$

$$= 44,7987 \text{ kcal/gmol}$$

$$K_{298} = 2,8564 \times 10^{19}$$

$$\text{Pada } T_2 = 250^\circ\text{C} = 523,15 \text{ K}$$

$$\begin{aligned}\frac{\ln K_2}{\ln K_1} &= \frac{\Delta G_R^\circ}{-RT} \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right] \\ \frac{-111,047 \text{ kJ/mol}}{8,134 \times 10^{-3}} \left[\frac{1}{523,15} - \frac{1}{298,15} \right]\end{aligned}$$

$$\ln \frac{K_{523}}{K_{298}} = [-13652.20064][1,4425 \times 10^{-3}]$$

$$\ln \frac{K_{523}}{K_{298}} = -19,6933$$

$$\frac{K_{523}}{K_{298}} = 2,80097 \times 10^{-9}$$

$$K_{523} = 2,80097 \times 10^{-9} \times 2,8564 \times 10^{19}$$

$$= 8,000690708 \times 10^{10}$$

Harga K_2 yang didapat sebesar $8,000690708 \times 10^{10}$, karena harga K besar, maka untuk reaksi pembentukan etanol bersifat *irreversible*

(Smith, 1950)