

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan etanol sebagai bahan bakar nabati dan bahan baku industri mengalami peningkatan global seiring upaya dekarbonisasi, kebijakan campuran biofuel, dan permintaan industri kimia yang terus tumbuh. Di Indonesia, target kebijakan energi dan dorongan untuk menggantikan sebagian konsumsi bahan bakar fosil mendorong pemerintah menetapkan mandat pencampuran etanol dalam bensin, yang berdampak langsung pada kebutuhan pasokan etanol nasional. Implementasi mandat bioetanol (E10 dan rencana E10 wajib pada 2027) memperlihatkan bahwa skala produksi etanol domestik harus meningkat signifikan untuk memenuhi permintaan dalam negeri (Reuters, 2025).

Secara teknologis, etanol dapat diproduksi melalui fermentasi biomassa (bioetanol) maupun sintesis kimia salah satunya melalui hidrasi etilen (*ethylene hydration*). Hidrasi etilen merupakan jalur konvensional dalam industri petrokimia untuk menghasilkan etanol sintetik: etilen direaksikan dengan uap air pada kondisi tertentu menggunakan katalis asam untuk membentuk etanol dengan selektivitas tinggi. Proses ini telah digunakan secara industri sejak pertengahan abad ke-20 dan tetap relevan ketika sumber etilen tersedia dalam jumlah besar dan biaya kompetitif (Nur Syaera Hidzir dkk., 2014).

Ketersediaan etilen menjadi faktor penentu kelayakan ekonomi pabrik etanol berbasis hidrasi etilen. Investasi besar di sektor petrokimia di Indonesia termasuk pembangunan cracker etilen berkapasitas besar oleh pemain domestik dan internasional memperbaiki prospek pasokan etilen lokal. Contoh nyata adalah beroperasinya cracker baru yang menambah kapasitas etilen nasional hingga jutaan ton per tahun, sehingga potensi pasokan etilen untuk keperluan produksi etanol dan turunan kimia menjadi lebih andal. Kondisi pasokan ini menurunkan risiko ketergantungan impor bahan baku dan memperbaiki akuntabilitas rantai pasokan pabrik etanol berbasis etilen.

Dari sisi ekonomi, produksi etanol dari etilen menawarkan beberapa keunggulan: proses kebanyakan bersifat intensif energi tetapi dapat beroperasi dengan kontinuitas industri (*continuous process*), menghasilkan produk dengan

kemurnian tinggi yang sesuai aplikasi bahan bakar, farmasi, dan industri kimia. Selain itu, integrasi vertikal dengan pabrik petrokimia (sharing utilitas, recovery heat, dan logistik) dapat menurunkan biaya produksi unit dan meningkatkan daya saing produk etanol sintetis dibandingkan beberapa jalur bioetanol yang masih menghadapi kendala musim dan penyerapan bahan baku agrikultur. Kajian teknis dan ekonomi menunjukkan bahwa efisiensi katalis, manajemen panas reaksi, dan desain distilasi menjadi aspek kritis untuk mencapai tingkat konversi dan selektivitas yang layak komersial.

Namun, aspek keberlanjutan dan kebijakan juga menentukan arah investasi. Pemerintah Indonesia menekankan prioritas penyerapan bahan baku lokal dan pengembangan biofuel berbasis molases, singkong, dan jagung untuk mendukung petani serta ketahanan pangan. Oleh karena itu, pabrik etanol berbasis etilen perlu menyesuaikan strategi: apakah fokus pada etanol sintetis untuk pasar industri tertentu (non-fuel) atau mengombinasikan produksi sintetis dengan program bioetanol untuk memenuhi target bauran energi. Koordinasi kebijakan energi, perdagangan, dan pertanian menjadi penting agar investasi petrokimia dan pabrik etanol tidak bertentangan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan dan kesejahteraan agraris.

Risiko lainnya meliputi volatilitas harga naphtha/gas yang memengaruhi biaya etilen, persaingan pasokan regional (oversupply dari kawasan lain), serta tantangan teknis seperti korosi, pengolahan uap, dan pengelolaan limbah proses. Oleh karena itu studi kelayakan pendirian pabrik etanol dari etilen harus mencakup analisis pasar (permintaan bahan bakar dan industri), analisis rantai suplai etilen, evaluasi teknologi hidrasi (katalis, kondisi operasi, energi), aspek lingkungan, serta model ekonomi yang memproyeksikan harga produk dan biaya operasi jangka menengah (Ngcobo dkk., 2024).

Dengan latar tersebut, pendirian pabrik etanol dari etilen di Indonesia merupakan peluang strategis apabila diposisikan secara integratif dengan pengembangan kapasitas etilen domestik, kebijakan campuran biofuel yang jelas, dan langkah mitigasi lingkungan. Proyek semacam ini memiliki potensi untuk memperkuat nilai tambah industri petrokimia nasional, mengurangi impor etanol/produk turunannya, serta mendukung diversifikasi pasokan bahan bakar

dan bahan kimia industri selama keputusan investasi didukung oleh analisis teknis, ekonomi, dan kebijakan yang komprehensif.

1.2 Tujuan

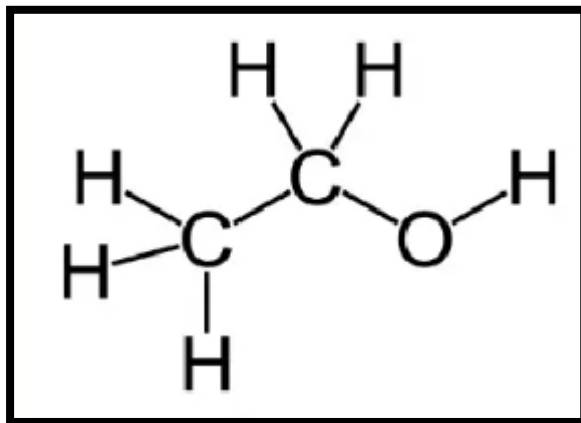
Tujuan pendirian pabrik etanol dengan bahan baku etilen dan air ini adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan produksi dalam negeri
2. Menciptakan lapangan kerja baru
3. Mengurangi ketergantungan terhadap impor terhadap etanol
4. Meningkatkan ketahanan energi nasional

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Etanol

Etanol merupakan senyawa alkohol dengan rumus kimia C_2H_5OH yang termasuk ke dalam golongan alkohol primer. Etanol berbentuk cairan tidak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar, serta bersifat polar sehingga dapat bercampur sempurna dengan air. Etanol memiliki titik didih sekitar $78,37\text{ }^{\circ}C$ dan densitas $0,789\text{ g/cm}^3$ pada suhu $20\text{ }^{\circ}C$. Sifat fisika dan kimia ini menjadikan etanol sebagai senyawa penting yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor, mulai dari energi, industri kimia, hingga farmasi dan pangan (Abbad, 2020).



Gambar 1.1 Struktur Kimia Etanol

Produksi etanol secara umum dilakukan melalui dua jalur utama, yaitu jalur biologis dan jalur sintetik. Jalur biologis menghasilkan bioetanol melalui proses fermentasi bahan baku yang mengandung gula atau pati, seperti tebu, molases, jagung, dan singkong. Proses fermentasi biasanya menggunakan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* yang mengonversi gula menjadi etanol dan karbon

dioksida. Bioetanol dianggap sebagai sumber energi terbarukan karena bahan bakunya berasal dari biomassa. Namun, proses ini memiliki beberapa tantangan, seperti fluktuasi ketersediaan bahan baku, kebutuhan lahan pertanian, serta konsumsi energi yang cukup besar pada tahap pemurnian (Zabed, 2017).

Selain jalur biologis, etanol juga dapat diproduksi secara sintetik melalui proses hidrasi etilen. Pada proses ini, etilen direaksikan dengan air menggunakan katalis asam pada kondisi tekanan dan suhu tertentu untuk menghasilkan etanol. Produksi etanol secara sintetik umumnya diterapkan di industri petrokimia karena dapat menghasilkan etanol dengan kemurnian tinggi dan kualitas produk yang konsisten. Jalur ini sangat bergantung pada ketersediaan etilen dan harga bahan baku petrokimia, sehingga kelayakan ekonominya sangat dipengaruhi oleh kondisi pasar energi dan petrokimia (Sunwoo, 2023).

Etanol memiliki peranan penting sebagai bahan bakar alternatif dan bahan campuran bensin, seperti E5 dan E10, yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil serta emisi gas rumah kaca. Selain sebagai bahan bakar, etanol juga digunakan sebagai pelarut dalam industri kimia, bahan baku pembuatan senyawa turunan seperti etil asetat dan asam asetat, serta sebagai antiseptik dan pelarut dalam industri farmasi dan kosmetik. Dengan meningkatnya perhatian global terhadap energi berkelanjutan dan bahan kimia ramah lingkungan, etanol diperkirakan akan terus menjadi komoditas strategis di masa depan (Mohsenzadeh dkk., 2017).

1.3.2 Kegunaan Etanol di Berbagai Industri

1. Industri energi dan bahan bakar; digunakan sebagai bahan bakar nabati (bioetanol) atau campuran bensin (E5, E10, E20). Meningkatkan angka oktan bensin. Mengurangi emisi karbon monoksida dan hidrokarbon. Mendukung program energi terbarukan dan pengurangan ketergantungan BBM fosil.
2. Industri kimia; sebagai bahan baku pembuatan etil asetat (pelarut cat dan tinta). Digunakan dalam produksi asam asetat, etil klorida, dan dietil eter. Bahan antara (intermediate) dalam industri petrokimia. Pelarut reaksi dalam sintesis kimia.

3. Industri farmasi; digunakan sebagai pelarut obat (sirup, tincture). Bahan utama antiseptik dan disinfektan. Digunakan dalam ekstraksi bahan aktif obat. Berfungsi sebagai pengawet pada formulasi tertentu.
4. Industri kosmetik dan *personal care*; digunakan sebagai pelarut parfum dan wewangian. Berfungsi sebagai antiseptik pada produk perawatan kulit. Membantu pelarutan bahan aktif kosmetik. Digunakan dalam produk seperti hand sanitizer, toner, dan parfum.
5. Industri pangan dan minuman; digunakan dalam industri minuman beralkohol. Pelarut ekstraksi rasa dan aroma. Digunakan sebagai bahan tambahan pangan (dengan batasan tertentu). Berperan sebagai pembawa (carrier) flavor dan pewarna makanan.
6. Industri kesehatan dan rumah sakit; digunakan sebagai antiseptik untuk sterilisasi alat. Bahan utama hand sanitizer dan disinfektan medis. Digunakan dalam prosedur kebersihan dan sanitasi.
7. Industri tekstil; digunakan dalam proses pencucian dan pembersihan serat. Pelarut zat warna tekstil. Digunakan dalam proses finishing kain.

1.3.3 Macam-Macam Metode Proses Pembuatan Etanol

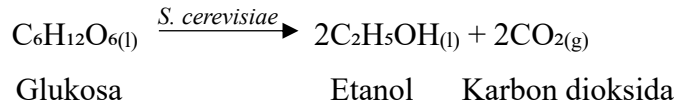
Etanol adalah senyawa alkohol yang bersifat mudah menguap dan mudah terbakar, digunakan sebagai pelarut, bahan bakar, serta dalam industri farmasi dan minuman beralkohol. Formula kimianya adalah C_2H_5OH . Berikut macam-macam metode proses pembuatan etanol yang diketahui sebagai berikut.

1. Metode Fermentasi

Metode fermentasi merupakan salah satu proses utama dalam pembuatan etanol yang berbasis bahan baku terbarukan. Proses ini memanfaatkan aktivitas mikroorganisme, umumnya ragi *Saccharomyces cerevisiae*, untuk mengonversi gula menjadi etanol dan karbon dioksida. Bahan baku yang digunakan pada fermentasi etanol biasanya mengandung gula sederhana atau pati, seperti tebu, molases, jagung, dan singkong. Untuk bahan baku berpati, tahap hidrolisis terlebih dahulu diperlukan guna mengubah pati menjadi gula fermentabel (Zabed, 2017).

Fermentasi etanol berlangsung secara anaerob pada suhu optimum sekitar 30–35 °C dan pH berkisar antara 4–5. Reaksi utama fermentasi dapat dituliskan sebagai konversi glukosa menjadi etanol dan CO_2 . Faktor-faktor penting yang

memengaruhi kinerja fermentasi meliputi konsentrasi gula, suhu, pH, waktu fermentasi, serta toleransi mikroorganisme terhadap etanol. Konsentrasi etanol yang terlalu tinggi dapat menghambat aktivitas ragi dan menurunkan laju fermentasi (Lin & Tanaka, 2016).

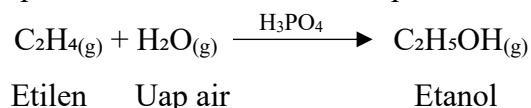


Keunggulan metode fermentasi adalah penggunaan bahan baku terbarukan dan teknologi yang relatif sederhana. Namun, proses ini juga memiliki keterbatasan, seperti rendemen yang dipengaruhi oleh kualitas bahan baku dan kebutuhan energi tinggi pada tahap pemurnian melalui distilasi. Oleh karena itu, berbagai penelitian terus dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi fermentasi melalui rekayasa mikroorganisme, optimasi kondisi operasi, dan integrasi proses (Balat dkk., 2018).

- Reaktan : glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) dari pati, seperti tebu, molases, jagung, dan singkong
- Produk : Biotanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
- Agen reaksi : Mikroorganisme (umumnya *Saccharomyces cerevisiae*) berperan sebagai biokatalis
- Kondisi operasi :
 - Suhu : 30 - 35 °C
 - Tekanan : 1 atm
 - pH : 4 - 5

2. Metode Hidrasi atau Sintesis

Metode hidrasi atau sintesis etanol merupakan proses non-biologis yang umum digunakan di industri petrokimia. Pada metode ini, etanol diproduksi melalui reaksi hidrasi etilen, yaitu reaksi antara etilen (C_2H_4) dan air (H_2O) membentuk etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Reaksi ini berlangsung pada kondisi suhu dan tekanan tinggi dengan bantuan katalis asam, baik katalis homogen (asam sulfat) maupun katalis heterogen berbasis asam padat, seperti resin atau katalis fosfat pada silika (Sunwoo, 2023).



Proses hidrasi etilen umumnya dioperasikan secara kontinu dan mampu menghasilkan etanol dengan kemurnian tinggi serta kualitas yang stabil.

Keunggulan utama metode ini adalah waktu reaksi yang relatif singkat dan tidak dipengaruhi oleh faktor biologis. Namun, kelayakan proses sangat bergantung pada ketersediaan dan harga etilen sebagai bahan baku utama. Oleh karena itu, metode sintesis etanol banyak diterapkan di kawasan industri petrokimia yang memiliki pasokan etilen melimpah dan terintegrasi (Abbad, 2020).

- Reaktan : etilen (C_2H_4) dan uap air (H_2O)
- Produk : Etanol (C_2H_5OH)
- Katalis : Katalis asam, seperti asam sulfat (homogen) atau katalis asam padat berbasis fosfat/resin (heterogen)
- Kondisi operasi :
 - Suhu : 250 – 300 °C
 - Tekanan : 60 – 70 bar

1.4 Pemilihan Metode Pembuatan Etanol

Secara umum metode pembuatan etanol dibagi menjadi 2 metode, yaitu menggunakan metode fermentasi dan metode sintesis. Kedua metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Tabel 1.1 Perbandingan Metode Pembuatan Etanol

Parameter	Metode Fermentasi	Metode Hidrasi
Bahan Baku	Glukosa dari pati (singkong, jagung, dll)	Etilen dan uap air
Proses Umum	Konversi glukosa oleh mikroorganisme	Hidrasi etilen melalui katalis
Kondisi Operasi	Suhu 30–35 °C, tekanan atmosfer, dan pH asam lemah	Suhu tinggi 250–300 °C dan tekanan tinggi
Kebutuhan Energi	Rendah	Tinggi (pemanasan dan tekanan tinggi)
Produk Samping	CO_2 dan residu	Gas etilen sisa hasil reaksi
Skalabilitas	Cocok untuk skala kecil hingga menengah	Industri skala besar
Dampak Lingkungan	Rendah	Rendah

Parameter	Metode Fermentasi	Metode Hidrasi
Investasi Awal	Kecil menengah	Butuh biaya banyak
Jenis Reaktor	<i>CSTR Reactor</i>	<i>Fixed Bed Multitube Reactor</i>

Berdasarkan tabel perbandingan metode pembuatan etanol tersebut diatas, terlihat kelebihan dan kekurangan masing-masing metode. Namun untuk pemilihan metode produksi bioetanol memerlukan analisis komparatif berdasarkan sejumlah parameter kritis yang memengaruhi kelayakan teknis, efisiensi proses, biaya, dan keberlanjutan lingkungan. Metode pembobotan digunakan untuk memberikan nilai relatif terhadap pentingnya masing-masing parameter, sementara metode skoring digunakan untuk menilai performa masing-masing alternatif metode produksi terhadap parameter tersebut.

Bobot ditentukan berdasarkan tingkat pengaruh tiap parameter terhadap keberhasilan jangka panjang proses produksi bioetanol. Misalnya, ketersediaan bahan baku memiliki bobot tertinggi karena menjadi penentu utama kontinuitas proses, sedangkan dampak lingkungan dan keberlanjutan juga mendapatkan bobot signifikan seiring meningkatnya perhatian terhadap aspek lingkungan.

Pemberian skor 1–5 dalam tabel pembobotan-metode fermentasi versus sintesis kimia sangat penting untuk menjelaskan mengapa suatu metode diberi skor tertentu pada tiap parameter. Skor ini merepresentasikan seberapa baik performa atau kesesuaian metode tersebut terhadap tiap parameter, berdasarkan data teknis, literatur ilmiah, dan logika industri.

Skala 1-5 dengan arti:

- 5 = Sangat baik/sangat sesuai (Sangat optimal untuk parameter tersebut, cocok secara teknis dan ekonomis)
- 4 = Baik (Umumnya cocok dan layak, meskipun ada beberapa tantangan teknis kecil)
- 3 = Cukup (Dapat diterapkan, tapi perlu modifikasi/penyesuaian signifikan)
- 2 = Kurang sesuai (Banyak kendala teknis, operasional, atau ekonomis untuk diterapkan secara efisien)
- 1 = Tidak sesuai (Hampir tidak bisa diterapkan atau tidak cocok sama sekali dengan parameter dimaksud)

Tabel 1.2 Pembobotan Pemilihan Proses Produksi Etanol

Parameter	Bobot (%)	Skor (1-5)		Nilai (bobot x skor)	
		Fermentasi	Hidrasi	Fermentasi	Hidrasi
Ketersediaan Bahan Baku	20	3	4	0,6	0,8
Proses Operasi	15	4	5	0,6	0,75
Efisiensi Proses	15	4	5	0,6	0,75
Investasi Awal	10	4	3	0,4	0,3
Biaya Operasional	15	3	4	0,45	0,6
Keberlanjutan (<i>sustainability</i>)	15	2	3	0,3	0,45
Dampak Lingkungan	10	4	4	0,4	0,4
Total	100	24	28	3,35	4,05

Berdasarkan total nilai tertimbang, metode hidrasi memiliki skor lebih tinggi (4,05) dibandingkan metode fermentasi (3,35). Hal ini menunjukkan bahwa untuk bahan baku etilen, metode hidrasi lebih unggul dalam hal efisiensi bahan baku, keberlanjutan, biaya, dan dampak lingkungan, serta lebih sesuai dengan kondisi lokal dan teknologi yang tersedia. Maka pra rencana pabrik etanol dari etilen dan air akan menggunakan metode hidrasi dengan menggunakan katalis asam sulfat menjadi pilihan yang layak dan ekonomis dalam pengembangan etanol sebagai bahan bakar alternatif.

1.5 Penentuan Kapasitas Produksi Pabrik

Menentukan kapasitas perancangan suatu pabrik adalah langkah krusial karena akan memengaruhi aspek teknis, ekonomis, dan operasional di masa depan. Berikut adalah beberapa pertimbangan utama yang perlu diperhatikan:

1.5.1 Analisa Permintaan Pasar

Kapasitas produksi perlu direncanakan untuk mendirikan suatu pabrik. Jumlah ini dapat mengatasi permintaan kebutuhan etanol di dalam negeri dan juga kebutuhan dunia. Perkiraan kapasitas produksi dapat ditentukan menurut nilai konsumsi setiap tahun dengan melihat perkembangan industri dalam kurun waktu berikutnya.

1. Produksi Dalam Negeri

Di Indonesia sendiri terdapat beberapa pabrik produksi etanol yang telah berdiri cukup lama dan diantaranya memiliki angka produksi sendiri pertahunnya. Berikut jumlah produksi etanol dari beberapa perusahaan di Indonesia.

Tabel 1.3 Produksi Etanol di Berbagai Perusahaan Indonesia

Perusahaan	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
PT Molindo Raya Industrial	63.120
PT Agro Energi Nusantara	28.798
PT Indo Acidatama Tbk	45.762
PT Indonesia Ethanol Industry (IEI)	50.000
PT PG Rajawali II	185.415
Total rata rata	74.169

Sumber : website perusahaan

Berdaskan data produksi etanol dari berbagai perusahaan diatas diatas, didapatkan data total rata-rata produksi etanol di Indonesia mencapai 74.169 ton/tahun.

2. Konsumsi Dalam Negeri

Angka Konsumsi etanol di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya. Penyebab meningkatnya konsumsi etanol setiap tahunnya, disebabkan karena supply yang berasal dari nilai produksi dan ekspor dalam negeri yang tinggi. Atas dasar tersebut, maka diperkirakan konsumsi etanol di Indonesia cenderung meningkat terus setiap tahunnya. Berikut data konsumsi etanol pada **Tabel 1.4**.

Tabel 1.4 Data Konsumsi Etanol di Indonesia

No	Tahun	Konsumsi (ton/tahun)	Pertumbuhan (%)
			Konsumsi
1	2021	113.647	-
2	2022	123.955	9,07
3	2023	133.262	7,51
4	2024	142.569	6,98
5	2025	151.877	6,53
Rata-rata pertumbuhan (i)			7,52

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025

Dari data konsumsi pada **Tabel 1.4** tersebut dapat diperkirakan penggunaan etanol pada tahun 2030 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$M_5 = P (1+i)^n$$

Dimana :

M_5 = jumlah kapasitas konsumsi pada tahun x (ton/tahun)

P = jumlah kapasitas pada tahun y (ton/tahun)

i = rata-rata kenaikan tiap tahun (%)

n = jangka waktu pabrik berdiri ($n_2 - n_1$) = 5 tahun

Sehingga data kebutuhan etanol di Indonesia, maka dapat diperkirakan kapasitas konsumsi etanol pada tahun 2030 adalah

$$\begin{aligned} M_5 &= P (1+i)^n \\ &= 151.877 (1 + (0,0752))^5 \\ &= 218.271 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

3. Impor dan Ekspor

Untuk mengetahui nilai impor dan ekspor pada tahun 2030 adalah dengan menggunakan data impor dan ekspor dari tahun 2021-2025 pada Data Pusat Statistik (BPS) dengan kode HS2022 – [22071000] *Undenatured ethyl alcohol of an alcoholic strength by volume of 80% vol or higher*. Berikut data impor ekspor etanol dari tahun 2021-2025 sebagai berikut.

Tabel 1.5 Data Impor dan Ekspor Etanol di Indonesia

No	Tahun	Impor (ton/tahun)	Ekspor (ton/tahun)	Pertumbuhan (%)	
				Impor	Ekspor
1	2021	42.431	64.343	-	-
2	2022	25.533	60.529	-39,82	-5,93
3	2023	4.383	46.769	-82,83	-22,73
4	2024	10.392	39.556	137,07	-15,42
5	2025	3.075	37.654	-70,41	-4,81
Rata-rata pertumbuhan				-14,00	-12,22

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025

Dari data impor ekspor pada **Tabel 1.5** tersebut dapat diperkirakan penggunaan etanol pada tahun 2030 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$M = P (1+i)^n$$

Dimana :

M = jumlah kapasitas pada tahun x (ton/tahun)

P = jumlah kapasitas pada tahun y (ton/tahun)

i = rata-rata kenaikan impor tiap tahun (%)

n = jangka waktu pabrik berdiri ($n_2 - n_1$) = 5 - 10 tahun

Sehingga data kebutuhan etanol di Indonesia, maka dapat diperkirakan kapasitas impor ekspor etanol pada tahun 2030 adalah

$$\begin{aligned}M_{\text{impor}} &= P (1 + i)^n \\&= 3,075 (1 + (-0,1400))^5 \\&= 1,447 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{\text{ekspor}} &= P (1 + i)^n \\&= 37,654 (1 + (-0,1222))^5 \\&= 19.620 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Nilai impor ekspor etanol Indonesia tampaknya naik dan turun dari tahun ke tahun, seperti yang ditunjukkan dalam tabel data impor ekspor dan proyeksi nilai impor ekspor untuk beberapa tahun ke depan yang telah dituliskan di atas. Naik turunnya nilai impor ekspor menunjukkan bahwa kebutuhan akan etanol terus berubah-ubah setiap tahun. Berikut adalah beberapa potensi penyebab naik dan turun nilai impor ekspor etanol tersebut.

- Peningkatan Kebutuhan Etanol sebagai Bahan Bakar (Biofuel). Etanol digunakan sebagai campuran bensin (E5, E10, hingga E20) untuk mengurangi konsumsi BBM fosil. Komitmen Indonesia terhadap transisi energi dan penurunan emisi karbon mendorong penggunaan etanol. Ketika produksi domestik belum mencukupi, impor etanol meningkat. Sebaliknya, jika ada surplus produksi, etanol dapat diekspor.
- Pertumbuhan Industri Kimia dan Petrokimia. Etanol merupakan bahan baku penting untuk, etil asetat, asam asetat, etilena (bio-based ethylene), farmasi, kosmetik, dan personal care. Pertumbuhan sektor-sektor ini menyebabkan kenaikan impor etanol industri. Peluang ekspor jika Indonesia mampu memproduksi etanol teknis atau food grade secara kompetitif
- Peningkatan Permintaan Etanol Food Grade & Farmasi. Digunakan dalam industri minuman, obat-obatan, dan antiseptik. Pandemi dan pascapandemi

meningkatkan konsumsi etanol untuk desinfektan dan sanitasi, yang dampaknya masih terasa. Kebutuhan kualitas tinggi sering mendorong impor etanol spesifikasi khusus.

- Kebijakan Pemerintah dan Regulasi. Contoh pengaruh kebijakan mandatori biofuel, insentif pajak atau bea masuk, kebijakan ketahanan energi, pembatasan atau pelonggaran ekspor-impor. Perubahan kebijakan dapat langsung meningkatkan atau menurunkan volume perdagangan etanol.
- Permintaan Pasar Internasional. Negara lain membutuhkan etanol untuk biofuel, farmasi, dan industri kimia. Jika Indonesia mampu memenuhi standar mutu internasional, maka ekspor etanol meningkat. Terutama ke negara dengan kebijakan energi hijau yang ketat

1.5.2 Analisa Regulasi dan Kebijakan Pemerintah

Analisa terhadap regulasi dan kebijakan pemerintah menunjukkan bahwa kebutuhan etanol di Indonesia semakin dipengaruhi oleh arahan strategis pembangunan energi nasional dan pengaturan tata niaga komoditas. Dalam beberapa tahun terakhir, pemerintah melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah mengumumkan rencana untuk meningkatkan pemanfaatan etanol sebagai bagian dari upaya ketahanan energi dan pengurangan ketergantungan terhadap impor bahan bakar fosil. Misalnya, pemerintah menargetkan penerapan bioetanol wajib sebesar 10 persen pada campuran bensin (E10) paling lambat tahun 2027 sebagai langkah memperkuat energi baru dan terbarukan. Kebijakan ini mencerminkan komitmen terhadap tujuan nasional untuk mengurangi impor minyak dan memperluas basis bahan bakar nabati (Savitri dkk., 2025).

Kebijakan tersebut juga mendapat tanggapan beragam dari anggota DPR yang menekankan bahwa pemerintah harus memastikan kapasitas produksi etanol domestik mampu memenuhi kebutuhan sebelum kewajiban tersebut diberlakukan, agar tidak justru membuka peluang impor yang besar dan melemahkan industri dalam negeri.

Selain itu, pemerintah melalui Kementerian Perdagangan mengeluarkan Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 31/2025 dan Nomor 32/2025 yang memperketat kontrol atas impor etanol dan bahan baku terkait seperti singkong.

Regulasi ini mensyaratkan Persetujuan Impor (PI) dan rekomendasi teknis untuk setiap importasi, dengan tujuan utama melindungi petani lokal dan industri gula sekaligus menjamin ketahanan pasokan industri etanol domestik (Savitri dkk., 2025).

Menurut informasi dari Lydia, 2025 mengatakan bahwa upaya pembatasan impor etanol ini mendapat respons positif dari pelaku industri karena dianggap dapat membantu menstabilkan harga bahan baku. Namun, tantangan tetap ada karena pasokan etanol domestik saat ini masih belum memadai untuk memenuhi target mandat campuran BBM secara penuh. Secara keseluruhan, regulasi pemerintah Indonesia terhadap etanol menunjukkan arah yang jelas mendorong penggunaan etanol sebagai bahan bakar nasional, melindungi produsen domestik, serta mengatur impor agar tidak mengganggu pembangunan industri dalam negeri.

1.5.3 Analisa Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku etilen di Indonesia berperan penting dalam mendukung produksi etanol, baik untuk kebutuhan industri petrokimia maupun biofuel. Secara tradisional, etilen dihasilkan melalui crackers (cracker nafta atau gas) dan biasanya digunakan sebagai bahan baku kimia dasar industri seperti polietilena, etilen oksida, dan produk turunan lainnya. Sampai saat ini, kapasitas produksi etilen domestik masih relatif terpusat pada beberapa fasilitas utama, tetapi secara keseluruhan ketergantungan impor etilen masih berlangsung karena kebutuhan industri yang terus bertumbuh.

Salah satu peran penting dalam peningkatan ketersediaan etilen di Indonesia adalah PT Chandra Asri Petrochemical, yang hingga sekarang menjadi produsen utama etilen domestik dengan kapasitas sekitar 900.000 ton per tahun. Namun, kebutuhan total etilen nasional termasuk pada produksi polimer dan turunan industri diperkirakan jauh di atas angka tersebut. Hal ini tercermin dari adanya proyek besar Lotte Chemical Indonesia yang baru saja diresmikan untuk menambah kapasitas etilen hingga sekitar 1.000.000 ton per tahun, dengan tujuan signifikan mengurangi impor etilen lebih dari 90 %. Selain itu, kesepakatan pasokan etilen antara LCI dan Lotte Chemical Titan menunjukkan komitmen terhadap suplai bahan baku dalam jangka panjang hingga 350.000 ton per tahun hanya dari satu kontrak saja (Reuters, 2025).

Tabel 1.6 Perbandingan Ketersediaan Bahan Baku Etilen di Berbagai Perusahaan Indonesia

Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
PT Chandra Asri Petrochemical	900.000
Lotte Chemical Indonesia (LINE Project)	1.000.000
Lotte Chemical Titan	350.000
Total Kapasitas	2.250.000

Produksi etilen yang memadai sangat penting jika etanol diproduksi dari etilen melalui reaksi hidrasi, sebab konsistensi pasokan bahan baku ini menjadi faktor krusial dalam kelangsungan operasi pabrik etanol berbasis etilen. Studi-prarancangan untuk pabrik etanol yang berbasis etilen dari PT Chandra Asri menunjukkan bahwa etilen lokal bisa menjadi sumber utama bahan baku, meskipun pabrik radikal lainnya masih perlu mengembangkan jaringan supply maupun mengurangi ketergantungan impor untuk mencapai skala ekonomi yang kompetitif. Secara umum, upaya peningkatan kapasitas etilen domestik melalui investasi pabrik baru dan kontrak jangka panjang diharapkan dapat menstabilkan ketersediaan bahan baku etilen di Indonesia, sekaligus mengurangi tekanan pada neraca perdagangan akibat impor bahan baku petrokimia.

Dari berbagai banyak pertimbangan mulai dari analisa permintaan pasar, regulasi dan kebijakan pemerintah, serta analisa ketersediaan bahan baku maka dapat diperhitungkan kapasitas pabrik etanol yang akan didirikan pada tahun 2030 dengan persamaan sebagai berikut :

$$m1 + m2 + m3 = m4 + m5$$

Dimana : $m1$ = Jumlah impor dalam negeri (ton/tahun)
 $m2$ = Jumlah produksi dalam negeri (ton/tahun)
 $m3$ = Jumlah produksi pabrik yang dicari (ton/tahun)
 $m4$ = Jumlah ekspor (ton/tahun)
 $m5$ = Jumlah konsumsi dalam negeri (ton/tahun)

Sehingga,

$$m1 + m2 + m3 = m4 + m5$$

$$m3 = (m4 + m5) - (m1 + m2)$$

$$m_3 = (19.620 + 218.271) - (1.444 + 74.619)$$

$$m_3 = 161.825 \text{ ton/tahun}$$

Dari perhitungan hasil kapasitas diatas, maka akan ditetapkan kapasitas pabrik sebanyak 10% dari hasil perhitungan dengan alasan sebagai berikut.

1. Pabrik etanol di Indonesia sudah banyak didirikan, tetapi kebutuhan akan nasional etanol Indonesia masih kurang.
2. Menyesuaikan dengan bahan baku etilen Indonesia, karena etilen di pasar Indonesia sudah memiliki pasar/*suppliyer* tersendiri.
3. Menyesuaikan sementara kebutuhan nasional etanol Indonesia karena tergolong pabrik baru, tetapi tahun-tahun kedepannya produksi akan dikembangkan lagi menyesuaikan dengan kebutuhan nasional etanol Indonesia yang akan mendatang.

Maka akan diambil 10% dari analisa perhitungan kapasitas produksi Sehingga diperoleh kapasitas produksi pabrik etanol sebesar,

$$= 161.825 \text{ ton/tahun} \times 10\%$$

$$= 16.183 \approx 16.000 \text{ ton/tahun}$$

Maka diputuskanlah bahwa kapasitas pabrik etanol yang akan dibangun pada tahun 2030 sebesar 16.000 ton/tahun.

1.6 Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari suatu industri pada saat sekarang dan pada masa yang akan datang karena berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan pertimbangan beberapa faktor serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik. Oleh karena itu, lokasi pabrik merupakan faktor yang tidak terpisahkan untuk menjadi sangat ekonomis dan menguntungkan. Hal ini akan menentukan lancar atau tidaknya operasi pabrik yang bersangkutan. Beberapa faktor yang dianggap penting dalam penentuan lokasi sebagai berikut.

1.6.1 Faktor Utama

1. Penyediaan bahan baku

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku adalah :

- Letak sumber bahan baku

- Kapasitas sumber bahan baku
- Kualitas bahan baku yang ada
- Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutannya

2. Pemasaran

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai daerah pemasaran adalah :

- Dimana hasil produksi akan dipasarkan
- Kemampuan daya serap pasar dan prospek pasar dimasa yang akan datang
- Pengaruh persaingan yang ada
- Jarak daerah pemasaran dan cara mencapai daerah tersebut

3. Tenaga listrik dan bahan bakar

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Ada atau serta jumlah tenaga listrik
- Kemungkinan pengadaan listrik dan bahan bakar
- Harga listrik dan bahan bakar
- Kemungkinan pengadaan listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara)
- Sumber bahan bakar

4. Persediaan air

Air dapat diperoleh dari beberapa sumber, yaitu :

- Dari air sungai/sumber air
- Dari air kawasan industri
- Dari perusahaan air minum (PDAM)

Jika kebutuhan air cukup besar, pengambilan air sumber/air sungai lebih ekonomis. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan sumber air :

- Kemampuan sumber air untuk memenuhi kebutuhan pabrik
- Kualitas air yang tersedia
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air

5. Iklim

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Keadaan alam yang mempengaruhi tinggi rendahnya investasi untuk konstruksinya
- *Humidity* dan temperatur udara

- Adanya badai, topan, dan gempa bumi

1.6.2 Faktor Khusus

1. Transportasi

Yang harus diperhatikan dalam hal ini adalah pengangkutan bahan baku, bahan bakar, dan produk yang dihasilkan, berkaitan dengan fasilitas-fasilitas yang ada, yaitu :

- Jalan raya
- Sungai dan laut yang dapat dilalui oleh kapal pengangkut
- Pelabuhan yang ada

2. Tenaga kerja

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Mudah/sukarnya mendapatkan tenaga kerja disekitar pabrik
- Tingkat penghasilan tenaga kerja didaerah itu
- Perburuhan dan serikat buruh

3. Peraturan dan perundang-undangan

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Ketentuan-ketentuan mengenai daerah industri
- Ketentuan mengenai jalan umum yang ada
- Ketentuan mengenai jalan umum bagi industri yang ada didaerah tersebut

4. Karakteristik Lokasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Susunan tanah, daya dukung terhadap pondasi bangunan pabrik, kondisi pabrik
- Kondisi jalan, serta pengaruh air
- Penyediaan dan fasilitas tanah untuk perluasan atau unit baru
- Harga tanah

5. Faktor lingkungan

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Fasilitas tempat tinggal dan biaya hidup.
- Fasilitas perumahan, sekolah, poliklinik, dan tempat ibadah
- Adat istiadat / kebudayaan didaerah sekitar lokasi pabrik

6. Pembuangan limbah

Hal ini berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh unit buangan pabrik berupa gas, cair, maupun padat, dengan memperhatikan peraturan pemerintah.

Berdasarkan faktor-faktor diatas maka pabrik etanol dari etilen dan air di Indonesia akan direncanakan berlokasi di kawasan antara industri Cilegon, Banten dan JIPE Gresik, Jawa Timur dengan mempertimbangkan alasan atau dasar pemilihan lokasi tersebut sebagai berikut.

1. Ketersediaan bahan baku

Kawasan Cilegon, Banten memiliki keunggulan utama dalam penyediaan bahan baku etanol berbasis etilen karena merupakan pusat industri petrokimia nasional. Keberadaan produsen etilen skala besar dan infrastruktur pipa petrokimia memungkinkan pasokan bahan baku yang stabil, berkelanjutan, dan efisien secara biaya. Kondisi ini sangat mendukung pendirian pabrik etanol berbasis hidrasi etilen yang membutuhkan kontinuitas suplai bahan baku.

Sementara itu, JIPE Gresik, Jawa Timur menawarkan fleksibilitas penyediaan bahan baku melalui pelabuhan terintegrasi di dalam kawasan industri. Bahan baku etilen maupun feedstock cair dapat diperoleh baik dari pemasok domestik maupun impor, sehingga menjamin keamanan pasokan untuk operasi pabrik berskala besar.

2. Pendistribusian transportasi

Dari sisi distribusi, Cilegon didukung oleh pelabuhan industri, akses jalan tol nasional, serta kedekatan dengan kawasan Jabodetabek. Hal ini memudahkan distribusi produk etanol ke konsumen industri, terminal BBM, maupun fasilitas blending bahan bakar. Sedangkan JIPE Gresik memiliki keunggulan logistik melalui pelabuhan laut dalam yang berada langsung di dalam kawasan industri. Akses tol dan jaringan logistik Jawa Timur menjadikan distribusi produk etanol ke wilayah Jawa Timur, Jawa Tengah, dan kawasan timur Indonesia menjadi lebih efisien.

3. Ketersediaan utilitas air dan listrik

Kawasan Cilegon telah dilengkapi infrastruktur air industri dan sistem kelistrikan yang memadai untuk mendukung operasi pabrik kimia berintensitas energi tinggi. Ketersediaan utilitas ini mengurangi kebutuhan investasi tambahan dari pihak investor. Di JIPE Gresik, kebutuhan air proses dan utilitas listrik

dipenuhi oleh sistem utilitas terpadu kawasan, termasuk fasilitas pengolahan air industri, pengolahan limbah, serta pembangkit listrik captive. Hal ini mendukung operasi pabrik etanol secara kontinu dan andal.

4. Pemasaran dan tenaga kerja

Pabrik etanol di Cilegon memiliki akses langsung ke pasar terbesar di Indonesia, yaitu Jabodetabek dan kawasan industri Jawa Barat, sehingga potensi penyerapan produk etanol sangat tinggi. Sementara itu, JIPE Gresik strategis untuk melayani pasar Jawa Timur dan Jawa Tengah serta membuka peluang ekspor ke wilayah Indonesia timur dan kawasan Asia Pasifik melalui jalur laut.

Sedangkan untuk tenaga kerja Cilegon memiliki ketersediaan tenaga kerja terampil di bidang kimia dan petrokimia, didukung oleh pengalaman panjang kawasan ini sebagai pusat industri berat. Kedekatan dengan perguruan tinggi dan pusat pelatihan di Banten dan Jawa Barat juga menjadi nilai tambah. Sementara JIPE Gresik diuntungkan oleh kedekatannya dengan Kota Surabaya sebagai pusat pendidikan dan industri Jawa Timur, sehingga memudahkan pemenuhan kebutuhan tenaga kerja teknis, operator, maupun tenaga profesional.

1.6.3 Perbandingan Lokasi Pabrik

Untuk menentukan lokasi paling ideal bagi pembangunan pabrik etanol dari bahan baku etilen dan air, diperlukan analisis komprehensif terhadap sejumlah parameter penentu kelayakan. Penilaian ini mencakup aspek teknis, ekonomi, lingkungan, dan administratif seperti ketersediaan bahan baku, akses distribusi transportasi, ketersediaan utilitas air dan listrik, ketersediaan tenaga kerja dan pemasaran. Masing-masing parameter diberikan bobot dan skor untuk menghasilkan total nilai yang mencerminkan kelayakan relatif dari masing-masing lokasi. Tabel berikut menyajikan hasil penilaian skoring terhadap dua lokasi di kawasan industri Cilegon, Kabupaten Banten dan kawasan industri JIPE Gresik, Kabupaten Jawa Timur.

Tabel 1.7 Pembobotan Pemilihan Lokasi Pembangunan Pabrik Etanol

Parameter	Bobot (%)	kawasan industri Cilegon	kawasan industri JIPE Gresik
Ketersedian bahan baku	25	25	10



Gambar 1.3 Peta Potensi Gempa di Pulau Jawa
 (Sumber : Kompas.id)