

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Adapun perkembangan industri di Indonesia khususnya industri kimia terus mengalami peningkatan. Meskipun sempat dilanda krisis ekonomi-sampai saat ini namun dengan usaha-usaha tertentu yang dilakukan pemerintah, sektor ini mulai bangkit kembali. Dengan bangkitnya usaha sektor ini, peningkatan unsur-unsur penunjang industri itu juga makin meningkat, termasuk bahan-bahan pembantu dan penunjang. Kebutuhan berbagai bahan baku dan bahan penunjang di Indonesia masih banyak didatangkan dari luar-negeri. Jika-bahan baku dan bahan-penunjang ini bisa dihasilkan di dalam negeri, hal ini akan menghemat pengeluaran devisa dan meningkatkan nilai ekspor serta mengembangkan penguasaan teknologi. Sejalan dengan kebijakan pemerintah guna peningkatan laju pertumbuhan industri oleh karena itu pembangunan industri kimia di Indonesia yang berwawasan masa depan dan mempunyai prospek yang cukup bagus. (Dessy Alfu Laela, 2021).

Etilen oksida (*oxirane* atau epoksietilena) adalah senyawa organik dengan rumus molekul C_2H_4O dan merupakan eter siklik yang paling sederhana dan terdiri dari dua kelompok alkil yang terikat pada atom oksigen dalam bentuk siklik (melingkar). Etilen oksida adalah gas yang mudah terbakar, tak berwarna dengan aroma manis seperti ether pada konsentrasi yang tinggi (Othmer, 1979).

Etilen oksida adalah salah satu bahan kimia yang banyak digunakan. Etilen oksida merupakan bahan *intermediate* yang digunakan untuk memproduksi bahan kimia lainnya. Etilen oksida banyak digunakan dalam industri kimia dan farmasi. Kebutuhan etilen oksida akhir-akhir ini meningkat karena didirikannya pabrik etilen glikol di kawasan industri merak. Etilen oksida secara langsung dapat digunakan sebagai desinfektan yang efektif dan dapat digunakan sebagai bahan *intermediate* pembuatan etanol amin, glikol eter, dan poli etilen oksida (Othmer, 1979). Derivatif etilen oksida banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan detergen, kosmetik, farmasi, dan sebagainya. Sekitar 60% etilen oksida umumnya

digunakan untuk bahan baku pembuatan etilen glikol sebagai insektisida. Bidang kedokteran biasa memanfaatkan etilen oksida untuk mensterilkan peralatan bedah, plastik, dan alat-alat lain yang tidak tahan panas yang tidak dapat disterilkan dengan uap (Ullmann, 2012).

Sehingga, untuk memenuhi kebutuhannya, Indonesia mengimpor etilen oksida dari negara lain. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia (2026), kebutuhan etilen oksida di Indonesia selama ini masih didominasi oleh impor yang menunjukkan tren peningkatan dari tahun ke tahun, terutama pada periode 2021 hingga 2024. Impor etilen oksida tercatat sebesar 144.584 ton/tahun pada 2018 dan meningkat signifikan hingga mencapai 603.597 ton/tahun pada 2024, sedangkan ekspor relatif lebih kecil dan cenderung berfluktuasi. Hal ini menunjukkan bahwa produksi dalam negeri belum mampu memenuhi kebutuhan etilen oksida secara optimal.

Di sisi lain, kebutuhan etilen oksida di berbagai negara seperti Brazil, Belgia, Canada, Italia, Jerman, Malaysia, Perancis, Britania Raya, Polandia, Swiss, Belanda, dan Thailand tergolong tinggi sehingga membuka peluang pasar ekspor yang cukup besar. Sementara itu, tingginya ketergantungan Indonesia terhadap impor serta meningkatnya kebutuhan dalam negeri menunjukkan bahwa kapasitas produksi domestik masih belum memadai. Oleh karena itu, pendirian pabrik etilen oksida di Indonesia menjadi suatu keharusan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri secara berkelanjutan, mengurangi ketergantungan impor, serta mendukung perkembangan industri turunan. Selain itu, pendirian pabrik ini juga berpotensi meningkatkan devisa negara melalui ekspor, membuka lapangan kerja, dan meningkatkan daya saing Indonesia di tingkat internasional. Dengan demikian, pendirian pabrik etilen oksida merupakan langkah strategis yang mendesak dalam mendukung kemandirian industri kimia nasional.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam prarancangan pabrik ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pembuatan pabrik etilen oksida dari etilen dan oksigen melalui proses oksidasi langsung dengan oksigen?

2. Apakah pendirian pabrik etilen oksida dengan bahan baku etilen dan oksigen layak secara teknis dan ekonomis untuk didirikan di Indonesia?
3. Bagaimana neraca massa dan neraca energi pada proses produksi etilen oksida dari etilen dan oksigen?
4. Bagaimana perancangan peralatan utama dan unit utilitas untuk mendukung kelancaran proses produksi etilen oksida?

1.3 Tujuan Pra Rancangan Pabrik

Adapun tujuan dari prarancangan pabrik etilen oksida dari etilen dan oksigen dengan proses oksidasi adalah sebagai berikut:

1. Memenuhi salah satu Persyaratan akademik untuk memperoleh gelar sarjana (S-1) Teknik Kimia Universitas Malikussaleh
2. Mengaplikasikan prinsip-prinsip disiplin ilmu Teknik kimia dalam perancangan proses, analisis operasi, dan evaluasi kelayakan prarancangan pabrik etilen oksida.
3. Mendukung pemenuhan kebutuhan etilen oksida dalam negeri yang bergantung pada impor serta membuka peluang menuju pasar ekspor.
4. Membuka lapangan pekerjaan, meningkatkan produktivitas masyarakat, dan pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan kesejahteraan nasional.

1.4 Manfaat Pra Rancangan Pabrik

Manfaat prarancangan pabrik etilen oksida dari etilen dan oksigen dengan proses oksidasi langsung dengan oksigen adalah sebagai berikut:

1. Terciptanya lapangan kerja baru bagi masyarakat, yang berkontribusi dalam pemerataan pembangunan.
2. Diharapkan mampu memenuhi kebutuhan etilen oksida dalam negeri sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor dari negara lain dan sekaligus menghemat devisa negara.
3. Mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam serta meningkatkan nilai tambah bahan baku melalui pengolahannya menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi dan manfaat yang lebih tinggi.

4. Mengimplementasikan kemampuan sarjana Teknik Kimia Indonesia dalam merancang dan menerapkan teknologi proses industri secara mandiri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain dalam bidang teknologi kimia.

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam prarancangan pabrik ini lebih terarah, maka diberikan Batasan masalah sebagai berikut:

1. Prarancangan pabrik ini berfokus pada perhitungan neraca massa, neraca energi, pembuatan *flow* diagram *hysys* dan P&ID, spesifikasi peralatan, unit utilitas, dan analisis kelangsungan ekonomi.
2. Pabrik direncanakan didirikan di kawasan industri Indonesia dengan kapasitas produksi yang ditetapkan berdasarkan analisis ketersediaan bahan baku dan kebutuhan pasar.

1.6 Ketersediaan Bahan Baku

Adapun bahan baku, katalis serta bahan pendukung yang digunakan dalam pabrik yang dirancang sebagai berikut:

1. Etilen

Etilen adalah bahan baku utama untuk industri petrokimia dan kebanyakan tersedia dalam kemurnian yang tinggi dan harga yang murah. Etilen dapat bereaksi dengan beberapa bahan seperti Oksigen, Klorin, Hidrogen Klorida dan air, reaksi ini berlangsung dibawah kondisi yang relatif mudah dicapai dan biasanya *yield* yang tinggi (Kirk-Othmer, 1990). Etilen diperoleh dari PT Chandra Asri Petrochemical Tbk, Cilegon, dengan kapasitas produksi sekitar 900.000 ton/tahun dan tingkat kemurnian 99,95% (PT. Chandra Asri Petrochemical, 2023).

2. Oksigen

Oksigen merupakan unsur paling melimpah ketiga di alam semesta berdasarkan massa dan unsur paling melimpah di kerak bumi. Gas Oksigen *diatomic* mengisi 21% volume atmosfer bumi. Oksigen bebas juga terdapat dalam air sebagai larutan. Peningkatan kelarutan O₂ pada temperatur yang rendah memiliki implikasi

yang besar pada kehidupan laut. Lautan di sekitar kutub bumi dapat menyokong kehidupan laut yang lebih banyak oleh karena kandungan oksigen yang lebih tinggi. Oksigen diperoleh dari PT Air Liquide Indonesia kapasitas 85 ton hingga 225 ton oksigen per hari.

3. Katalis Ag/Al₂O₃

Katalis yang digunakan pada proses produksi etilen oksida adalah katalis Ag/Al₂O₃ yang didispersikan pada penyangga α -alumina (α -Al₂O₃). Perak berperan sebagai komponen aktif yang mempercepat reaksi oksidasi parsial etilen menjadi etilen oksida, sedangkan α -alumina berfungsi sebagai penyangga yang memberikan kekuatan mekanik, luas permukaan yang tinggi, dan stabilitas termal. Katalis ini umumnya berbentuk pellet silinder atau ring sehingga memiliki luas permukaan yang besar dan penurunan tekanan yang rendah pada reaktor fixed-bed. Oleh karena itu, katalis Ag/ α -Al₂O₃ banyak digunakan pada proses produksi etilen oksida karena memiliki aktivitas, selektivitas, dan stabilitas yang tinggi. Katalis Ag/Al₂O₃ didapatkan dari *Scientific Design Company*, Amerika Serikat (Ullman *Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 2012).

1.7 Penentuan Kapasitas Prarancangan Pabrik

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan produksi dan ekonomis. Semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lainnya. Hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan kapasitas pabrik yaitu data kebutuhan etilen oksida di Indonesia.

1.7.1 Produksi Etilen Oksida di Indonesia

Kapasitas produksi etilen oksida yang tersedia saat ini masih relatif terbatas jika dibandingkan dengan kebutuhan nasional yang terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini menyebabkan sebagian kebutuhan etilen oksida masih dipenuhi melalui impor dari luar negeri. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa industri etilen oksida di Indonesia masih memiliki peluang yang cukup besar untuk dikembangkan.

Beberapa perusahaan yang memproduksi etilen oksida di Indonesia beserta kapasitas produksinya dapat dilihat pada Tabel 1.1 tersebut menunjukkan bahwa produksi etilen oksida dalam negeri masih terpusat pada industri tertentu dengan kapasitas yang terbatas, sehingga belum sepenuhnya mampu memenuhi kebutuhan pasar domestik.

Tabel 1.1 Pabrik Etilen Oksida yang Telah Berdiri di Indonesia.

Nama Perusahaan di Indonesia	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi
PT Prima Ethycolindo	80.000	Banten
PT Chandra Asri Petrochemical	900.000	Merak, Cilegon – Banten
Total	980.000	

Sumber: *Kemenag.go.id*, 2026

1.7.2 Kapasitas Pabrik Etilen Oksida di Dunia

Kapasitas produksi pabrik etilen oksida di dunia bervariasi, namun pada umumnya berada pada kisaran ratusan ribu hingga jutaan ton per tahun. Negara-negara dengan industri petrokimia maju seperti Amerika Serikat, China, dan negara-negara di Eropa menjadi produsen utama etilen oksida dengan teknologi yang telah berkembang pesat.

Data kapasitas pabrik etilen oksida yang telah beroperasi di berbagai negara dapat dilihat pada Tabel 1.2 tersebut menunjukkan bahwa kapasitas pabrik di dunia umumnya beroperasi dalam skala besar, sehingga dapat menjadi acuan dalam menentukan kapasitas pabrik yang akan dirancang agar tetap kompetitif secara ekonomi dan teknis.

Tabel 1.2 Data Produksi Etilen Oksida beserta Kapasitas di Dunia.

Tahun	Australia (Ton/Tahun)	Brazil (Ton/Tahun)	Canada (Ton/Tahun)	China (Ton/Tahun)
2018	22,247	113,963	273,474	-
2019	151,464	112,944	282,009	8,406
2020	212,765	91,330	227,798	12,024
2021	391,152	121,260	191,006	8,322

Tahun	Australia (Ton/Tahun)	Brazil (Ton/Tahun)	Canada (Ton/Tahun)	China (Ton/Tahun)
2022	157,370	129,367	328,277	131,806

Sumber: UNdata, 2026

1.7.3 Data Kebutuhan Etilen Oksida di Indonesia

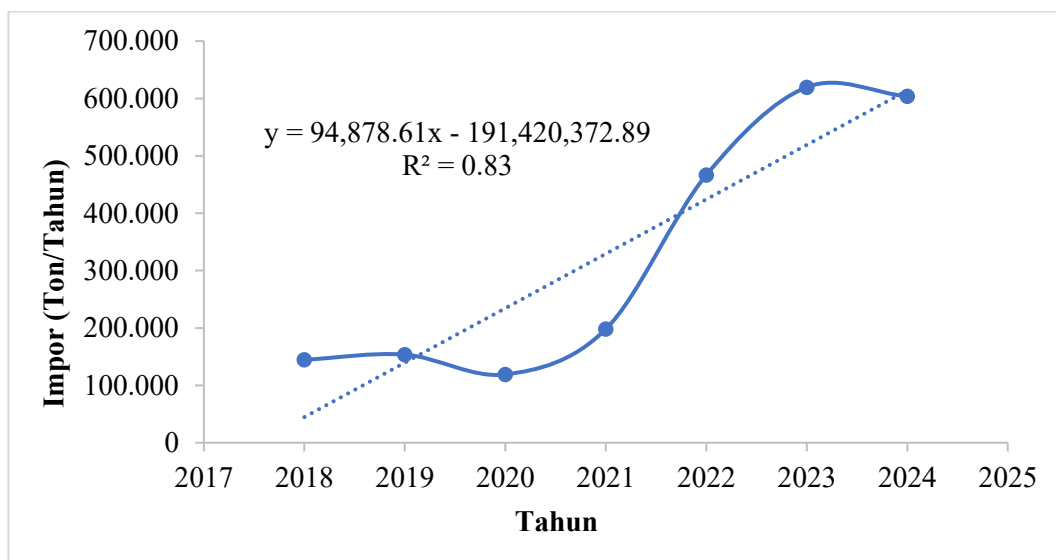
Pendirian pabrik dengan kapasitas tertentu antara lain bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, membantu perkembangan industri lain yang menggunakan produk tersebut. Kebutuhan impor etilen oksida pada tahun 2018-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Ekspor dan Impor Etilen Oksida dalam Negeri.

Tahun	Ekspor (Ton/Tahun)	Impor (Ton/Tahun)
2018	39,200	144,584
2019	39,200	153,589
2020	19,600	119,061
2021	19,600	198,070
2022	9,800	466,567
2023	9,800	619,597
2024	28,700	603,597

Sumber: Badan Pusat Statistik Indonesia, 2026

Dari data kebutuhan etilen oksida dari tahun 2021 sampai 2024 terus meningkat, untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor, serta diharapkan Indonesia menjadi negara pengekspor etilen oksida khususnya untuk wilayah Asia, ditargetkan dapat memenuhi kebutuhan etilen oksida khususnya wilayah ASEAN, maka perlu didirikan pabrik etilen oksida agar meningkatkan etilen oksida pada tahun-tahun yang akan mendatang. Berdasarkan data tersebut maka dapat dilihat kebutuhan etilen oksida pada tahun 2030 dengan cara ekstrapolasi data. Hasil ekstrapolasi kebutuhan etilen oksida di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Data Kebutuhan Etilen Oksida di Indonesia Berdasarkan grafik kebutuhan Etilen Oksida (C_2H_4O) di Indonesia.

Dari grafik diatas didapatkan persamaan garis lurus $y = 94,878.61x - 191,420,372.89$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0,83$. Hal ini dilakukan agar perhitungan kapasitas produksi Etilen Oksida dapat menguntungkan.

$$y = 94,878.61x - 191,420,372.89$$

$$y = 94,878.61(2030) - 191,420,372.89$$

$$y = 1.183.205,41 \text{ Ton/Tahun}$$

Sehingga prediksi nilai kebutuhan Etilen Oksida (y) pada tahun 2030 diperkirakan sebesar 1.183.205,41 ton/tahun. Sehingga prediksi data kebutuhan konsumsi pada tahun 2025 sampai 2030 menggunakan cara ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Data Ekstrapolasi Kebutuhan Konsumsi Etilen Oksida di Indonesia.

Tahun	Konsumsi (Ton/Tahun)
2025	603,603
2026	698,481
2027	793,360
2028	888,239
2029	983,117
2030	1.183.205,41

Sumber: Data Ekstrapolasi, 2026

Kebutuhan etilen oksida di Indonesia pada tahun 2030 adalah 1.183.205,41 ton/tahun. Sehingga prarancangan pabrik etilen oksida direncanakan didirikan pada tahun 2030 dengan kapasitas 250.000 ton/tahun dengan melakukan pertimbangan sebagai berikut:

1. Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan dan kapasitas pabrik baru yang menguntungkan (Mc. Ketta, 1976).
2. Kapasitas produksi pabrik etilen oksida yang sudah beroperasi di dunia berkisar 10.000 ton/tahun sampai 980.000 ton/tahun.
3. Total kebutuhan dalam negeri pada saat pabrik beroperasi tahun 2030 adalah 1.183.205,41 ton/tahun, maka pabrik etilen oksida didirikan dengan kapasitas 250.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan etilen oksida.
4. Pada 81,32% dari produk etilen oksida yang dihasilkan dapat membantu kebutuhan dalam negeri.
5. Pada 18,68% dari produk etilen oksida yang dihasilkan dapat membantu kebutuhan luar negeri.

1.7.4 Kebutuhan Etilen Oksida di Dunia

Etilen oksida (*oxirane* atau *epoksietilena*) adalah senyawa organik dengan rumus molekul C_2H_4O dan merupakan eter siklik yang paling sederhana dan terdiri dari dua kelompok alkil yang terikat pada atom oksigen dalam bentuk siklik (melingkar). Etilen oksida adalah gas yang mudah terbakar, tak berwarna dengan aroma manis seperti ether pada konsentrasi yang tinggi. Adapun negara-negara yang memiliki kebutuhan etilen oksida dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Negara dengan Kebutuhan Etilen Oksida

No	Negara
1.	Brazil
2.	<i>Canada</i>
3.	<i>Italy</i>
4.	Malaysia
5.	Portugal

Sumber: BPS (Badan Pusat Statistik), 2026

Untuk mengetahui berapa besar Etilen Oksida yang dibutuhkan oleh tiap negara yang terdapat pada pencarian data kebutuhan impor Etilen Oksida di setiap Negara.

1. Kebutuhan Impor Etilen Oksida di Brazil

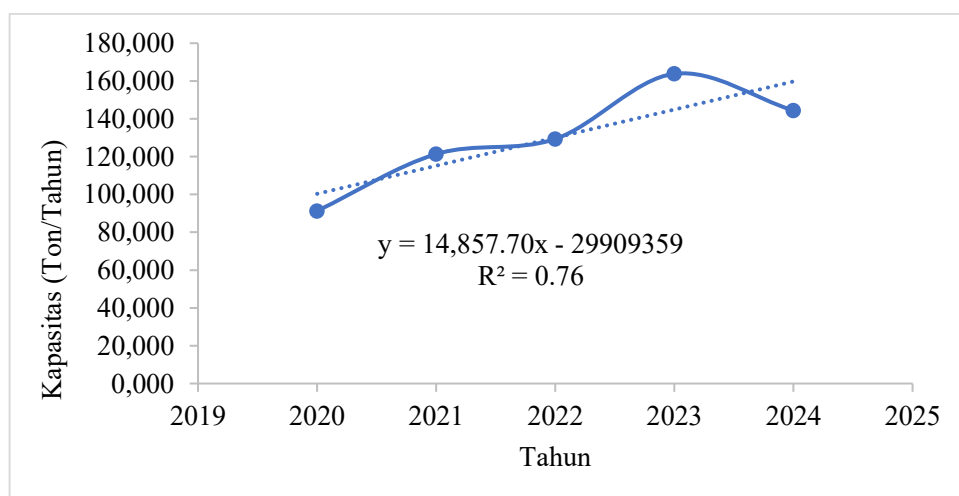
Analisis terhadap data impor Etilen Oksida di negara Brazil dilakukan untuk meninjau seberapa besar peluang pasar yang bisa dimanfaatkan. Hal ini penting dalam menentukan kapasitas produksi pabrik yang akan dirancang, sehingga produk dari Indonesia pada pra-rancangan ini nantinya memiliki nilai ekspor yang tinggi. Data kebutuhan impor Brazil selama periode 2020 hingga 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Data Kebutuhan Impor Etilen Oksida di Brazil

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2020	91,330
2021	121,367
2022	129,367
2023	163,818
2024	144,393

Sumber: BPS (Badan Pusat Statistik), 2026

Adapun kebutuhan Etilen Oksida di Brazil dapat dilihat pada Gambar 1.2 sebagai berikut.



Gambar 1.2 Grafik Kebutuhan Impor Etilen Oksida di Brazil

Dari kurva di atas didapatkan persamaan garis lurus $y = 4,100.20x - 8,249,245.40$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0.95$. Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan Etilen Oksida di Brazil pada tahun 2032.

$$y = 4,100.20x - 8,249,245.40$$

$$y = 4,100.20(2032) - 8,249,245.40$$

$$y = 251,772 \text{ Ton/Tahun}$$

Maka, impor etilen oksida di Brazil pada tahun 2030 meningkat sebesar 251,772 Ton/Tahun.

Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan kebutuhan impor etilen oksida di Brazil pada Tahun 2030 disajikan pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Data Hasil Perhitungan Kebutuhan Etilen Oksida di Brazil

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	177,483
2026	192,341
2027	207,198
2028	222,056
2029	236,914
2030	251,772

Dapat dilihat pada Tabel 1.7 impor etilen oksida di Brazil terus meningkat tiap tahunnya. Menggunakan metode regresi linier, kebutuhan impor pada tahun 2030 diperkirakan mencapai 251,772 ton. Peluang ekspor kemudian dihitung berdasarkan selisih antara proyeksi pada tahun 2030 dengan data impor tahun terakhir (2024) untuk melihat potensi pasar yang tersedia.

$$\text{Peluang ekspor} = \text{Kebutuhan Impor pada tahun 2030} - \text{Kebutuhan data terakhir (2024)}$$

$$\text{Peluang ekspor} = 251,772 - 144,393$$

$$\text{Peluang ekspor} = 107,379 \text{ Ton}$$

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang mengekspor etilen oksida pada tahun 2030 yaitu mencapai 107,379 Ton ke negara brazil.

2. Kebutuhan Impor Etilen Oksida di *Canada*

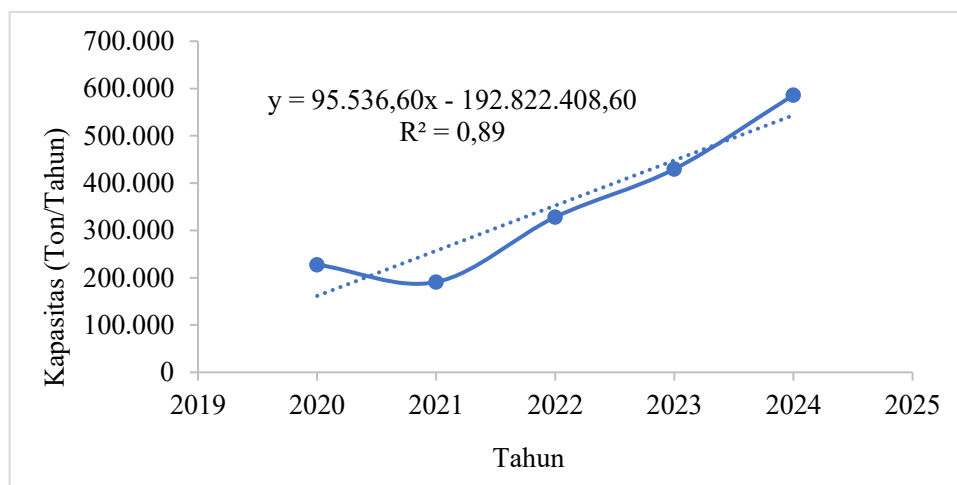
Analisis terhadap data impor Etilen Oksida di negara *Canada* dilakukan untuk meninjau seberapa besar peluang pasar yang bisa dimanfaatkan. Hal ini penting dalam menentukan kapasitas produksi pabrik yang akan dirancang, sehingga produk dari Indonesia pada pra-rancangan ini nantinya memiliki nilai ekspor yang tinggi. Data kebutuhan impor *Canada* selama periode 2020 hingga 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Data Kebutuhan Impor Etilen Oksida di *Canada*

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2020	227,798
2021	191,006
2022	328,277
2023	429,836
2024	586,066

Sumber: BPS (Badan Pusat Statistik), 2026

Adapun kebutuhan Etilen Oksida di Brazil dapat dilihat pada Gambar 1.3 sebagai berikut.



Gambar 1.3 Grafik Kebutuhan Impor Etilen Oksida di *Canada*

Dari kurva di atas didapatkan persamaan garis lurus $y = 95,536.60x - 192,822,408.60$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0.89$. Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan Etilen Oksida di *canada* pada tahun 2030.

$$y = 95,536.60x - 192,822,408.60$$

$$y = 95,536.60(2030) - 192,822,408.60$$

$$y = 1.116,889 \text{ Ton/Tahun}$$

Maka, impor etilen oksida di *canada* pada tahun 2030 meningkat sebesar 1.116,889 Ton/Tahun ke negara *canada*.

Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan kebutuhan impor etilen oksida di *canada* pada Tahun 2030 disajikan pada Tabel 1.9.

Tabel 1.9 Data Hasil Perhitungan Kebutuhan Etilen Oksida di *Canada*

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	639,206
2026	734,743
2027	830,279
2028	925,816
2029	1.021,352
2030	1.116,889

Dapat dilihat pada Tabel 1.9, impor etilen oksida di *canada* terus meningkat tiap tahunnya. Menggunakan metode regresi linier, kebutuhan impor pada tahun 2030 diperkirakan mencapai 1.116,889 ton. Peluang ekspor kemudian dihitung berdasarkan selisih antara proyeksi pada tahun 2030 dengan data impor tahun terakhir (2024) untuk melihat potensi pasar yang tersedia.

$$\text{Peluang ekspor} = \text{Kebutuhan Impor pada tahun 2030} - \text{Kebutuhan data terakhir (2024)}$$

$$\text{Peluang ekspor} = 1.116,889 - 586.066$$

$$\text{Peluang ekspor} = 533,823 \text{ Ton}$$

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang mengekspor etilen oksida pada tahun 2030 yaitu mencapai 533,823 Ton ke negara *canada*.

3. Kebutuhan Impor Etilen Oksida di *Italy*

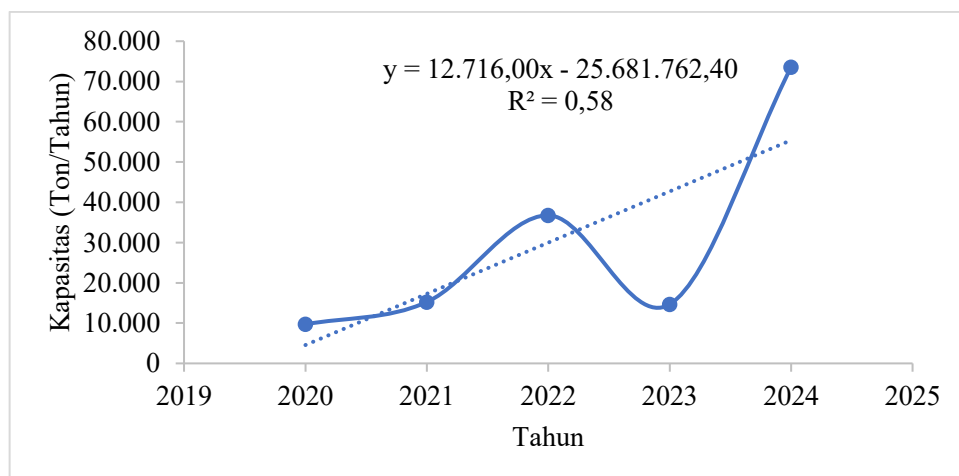
Analisis terhadap data impor Etilen Oksida di negara *italy* dilakukan untuk meninjau seberapa besar peluang pasar yang bisa dimanfaatkan. Hal ini penting dalam menentukan kapasitas produksi pabrik yang akan dirancang, sehingga produk dari Indonesia pada pra-rancangan ini nantinya memiliki nilai ekspor yang tinggi. Data kebutuhan impor *italy* selama periode 2020 hingga 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.10.

Tabel 1.10 Data Kebutuhan Impor Etilen Oksida di *Italy*

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2020	9,703
2021	15,244
2022	36,758
2023	14,676
2024	73,567

Sumber: BPS (Badan Pusat Statistik), 2026

Adapun kebutuhan Etilen Oksida di Brazil dapat dilihat pada Gambar 1.4 sebagai berikut.



Gambar 1.4 Grafik Kebutuhan Impor Etilen Oksida di *Italy*

Dari kurva di atas didapatkan persamaan garis lurus $y = 12,716.00x - 25,681,762.40$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0.58$. Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan Etilen Oksida di *italy* pada tahun 2030.

$$y = 12,716.00x - 25,681,762.40$$

$$y = 12,716.00(2030) - 25,681,762.40$$

$$y = 131,717 \text{ Ton/Tahun}$$

Maka, impor etilen oksida di *italy* pada tahun 2030 meningkat sebesar 131,717 Ton/Tahun ke negara *italy*. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan kebutuhan impor etilen oksida di *italy* pada Tahun 2030 disajikan pada Tabel 1.11.

Tabel 1.11 Data Hasil Perhitungan Kebutuhan Etilen Oksida di *Italy*

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	68,137
2026	80,853
2027	93,569
2028	106,285
2029	119,001
2030	131,717

Dapat dilihat pada Tabel 1.11, impor etilen oksida di *italy* terus meningkat tiap tahunnya. Menggunakan metode regresi linier, kebutuhan impor pada tahun 2032 diperkirakan mencapai 157,149 ton. Peluang ekspor kemudian dihitung berdasarkan selisih antara proyeksi pada tahun 2032 dengan data impor tahun terakhir (2024) untuk melihat potensi pasar yang tersedia.

$$\text{Peluang ekspor} = \text{Kebutuhan Impor pada tahun 2030} - \text{Kebutuhan data terakhir (2024)}$$

$$\text{Peluang ekspor} = 131,717 - 73,567$$

$$\text{Peluang ekspor} = 58,15 \text{ Ton}$$

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang mengekspor etilen oksida pada tahun 2030 yaitu mencapai 58,15 Ton ke negara *italy*.

4. Kebutuhan Impor Etilen Oksida di Malaysia

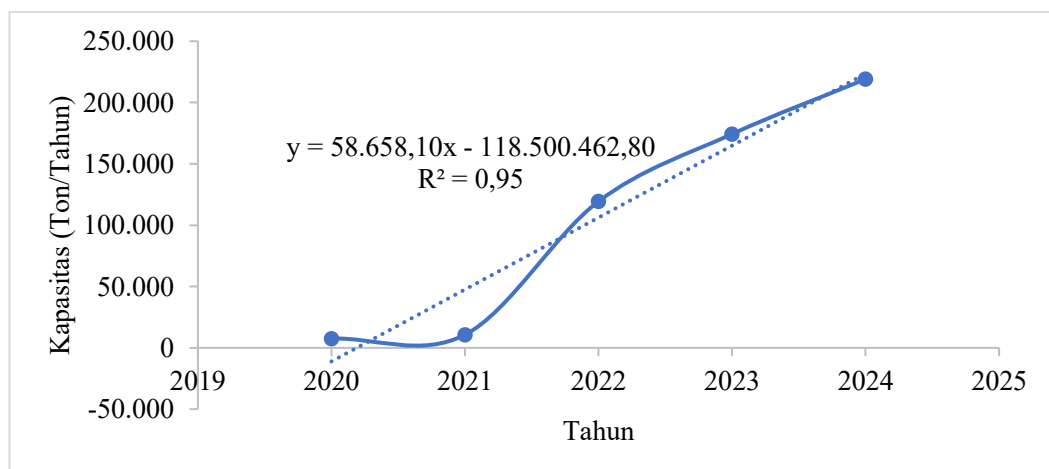
Analisis terhadap data impor Etilen Oksida di negara malaysia dilakukan untuk meninjau seberapa besar peluang pasar yang bisa dimanfaatkan. Hal ini penting dalam menentukan kapasitas produksi pabrik yang akan dirancang, sehingga produk dari Indonesia pada pra-rancangan ini nantinya memiliki nilai ekspor yang tinggi. Data kebutuhan impor malaysia selama periode 2020 hingga 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.12.

Tabel 1.12 Data Kebutuhan Impor Etilen Oksida di Malaysia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2020	7,595
2021	10,688
2022	119,406
2023	174,317
2024	219,071

Sumber: BPS (Badan Pusat Statistik), 2026

Adapun kebutuhan Etilen Oksida di malaysia dapat dilihat pada Gambar 1.5 sebagai berikut.



Gambar 1.5 Grafik Kebutuhan Impor Etilen Oksida di Malaysia

Dari kurva di atas didapatkan persamaan garis lurus $y = 58,658.10x - 118,500,462.80$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0.95$. Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan Etilen Oksida di malaysia pada tahun 2030.

$$y = 58,658.10x - 118,500,462.80$$

$$y = 58,658.10 (2030) - 118,500,462.80$$

$$y = 692,796 \text{ Ton/Tahun}$$

Maka, impor etilen oksida di malaysia pada tahun 2030 meningkat sebesar 575,480 Ton/Tahun ke negara malaysia. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan kebutuhan impor etilen oksida di malaysia pada Tahun 2030 disajikan pada Tabel 1.13.

Tabel 1.13 Data Hasil Perhitungan Kebutuhan Etilen Oksida di Malaysia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	282,190
2026	340,848
2027	399,506
2028	458,164
2029	516,822
2030	575,480

Dapat dilihat pada Tabel 1.13, impor etilen oksida di malaysia terus meningkat tiap tahunnya. Menggunakan metode regresi linier, kebutuhan impor pada tahun 2030 diperkirakan mencapai 575,480 ton. Peluang ekspor kemudian dihitung berdasarkan selisih antara proyeksi pada tahun 2030 dengan data impor tahun terakhir (2024) untuk melihat potensi pasar yang tersedia.

$$\text{Peluang ekspor} = \text{Kebutuhan Impor pada tahun 2030} - \text{Kebutuhan data terakhir (2024)}$$

$$\text{Peluang ekspor} = 575,480 - 219,071$$

$$\text{Peluang ekspor} = 356,409 \text{ Ton}$$

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang mengekspor etilen oksida pada tahun 2030 yaitu mencapai 356,409 Ton ke negara Malaysia.

5. Kebutuhan Impor Etilen Oksida di Portugal

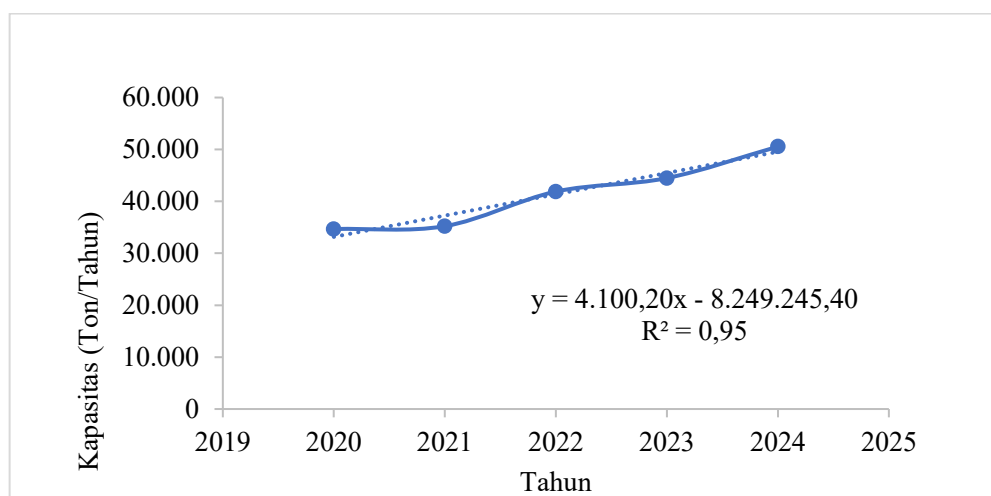
Analisis terhadap data impor Etilen Oksida di negara Portugal dilakukan untuk meninjau seberapa besar peluang pasar yang bisa dimanfaatkan. Hal ini penting dalam menentukan kapasitas produksi pabrik yang akan dirancang, sehingga produk dari Indonesia pada pra-rancangan ini nantinya memiliki nilai ekspor yang tinggi. Data kebutuhan impor Portugal selama periode 2020 hingga 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.14.

Tabel 1.14 Data Kebutuhan Impor Etilen Oksida di Portugal

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2020	34,670
2021	35,219
2022	41,883
2023	44,485
2024	50,538

Sumber: BPS (Badan Pusat Statistik), 2026

Adapun kebutuhan Etilen Oksida di Portugal dapat dilihat pada Gambar 1.6 sebagai berikut.



Gambar 1.6 Grafik Kebutuhan Impor Etilen Oksida di Portugal

Dari kurva di atas didapatkan persamaan garis lurus $y = 4,100.20x - 8,249,245.40$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0.95$. Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan Etilen Oksida di portugal pada tahun 2030.

$$y = 4,100.20x - 8,249,245.40$$

$$y = 4,100.20 (2030) - 8,249,245.40$$

$$y = 74,160 \text{ Ton/Tahun}$$

Maka, impor etilen oksida di portugal pada tahun 2030 meningkat sebesar 74,160 Ton/Tahun ke negara portugal. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan kebutuhan impor etilen oksida di portugal pada Tahun 2030 disajikan pada Tabel 1.15.

Tabel 1.15 Data Hasil Perhitungan Kebutuhan Etilen Oksida di Portugal

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	53,659
2026	57,759
2027	61,860
2028	65,960
2029	70,060
2030	74,160

Dapat dilihat pada Tabel 1.15, impor etilen oksida di portugal terus meningkat tiap tahunnya. Menggunakan metode regresi linier, kebutuhan impor pada tahun 2030 diperkirakan mencapai 74,160 ton. Peluang ekspor kemudian dihitung berdasarkan selisih antara proyeksi pada tahun 2030 dengan data impor tahun terakhir (2024) untuk melihat potensi pasar yang tersedia.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor pada tahun 2030 - Kebutuhan data terakhir (2024)

$$\text{Peluang ekspor} = 74,160 - 50,538$$

$$\text{Peluang ekspor} = 23,622 \text{ Ton}$$

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang mengekspor etilen oksida pada tahun 2030 yaitu mencapai 23,622 Ton ke negara portugal.

Target pasar dari pra-rancangan pabrik ini mencakup pemenuhan kebutuhan metanol di dalam negeri serta pasar luar negeri (ekspor). Saat ini, kebutuhan etilen oksida di pasar internasional masih dipenuhi oleh pabrik-pabrik produksi etilen oksida yang beroperasi di luar negeri. Berdasarkan analisis kebutuhan impor dari negara-negara tujuan ekspor serta kebutuhan dalam negeri, dilakukan estimasi peluang produksi etilen oksida untuk memenuhi permintaan tersebut. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 1.16 sebagai berikut.

Tabel 1.16 Perencanaan Kebutuhan dan Peluang Produksi Etilen Oksida.

No	Negara	Peluang Produksi	Total Ekspor (Ton)	% Kebutuhan
1.	Brazil	107,379	8.000	3,2%
2.	<i>Canada</i>	533,823	10.000	4,0%
3.	<i>Italy</i>	58,15	5.000	2,0%
4.	Malaysia	356,409	15.000	6,0%
5.	Portugal	23,622	8.700	3,48%
6.	Indonesia	203,205	203.300	81,32%
Jumlah			250.000	100%

Berdasarkan perhitungan kebutuhan etilen oksida di dalam negeri dan luar negeri yang ditunjukkan pada tabel di atas, serta dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku dan kondisi pabrik etilen oksida yang sudah ada, maka kapasitas pra-rancangan pabrik ditetapkan sebesar 250.000 ton per tahun. Kapasitas ini direncanakan untuk memenuhi kebutuhan etilen oksida dalam negeri sekaligus melayani pasar ekspor. Saat ini, jumlah pabrik etilen oksida di dunia relatif banyak, sehingga pemenuhan kebutuhan pasar luar negeri dalam prarancangan ini disesuaikan dengan peluang distribusi yang tersedia. Selain itu, penentuan kapasitas pabrik ini didasarkan pada kapasitas pabrik-pabrik yang sudah beroperasi maupun yang sedang dalam tahap pembangunan di berbagai negara seluruh penjuru dunia,

juga kebutuhan pasar akan produk etilen oksida yang setiap tahunnya akan semakin meningkat.

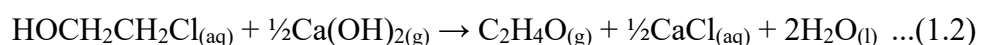
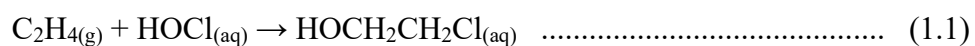
1.8 Seleksi Pemilihan Proses

Pada dasarnya proses pembuatan etilen oksida yang beragam memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Adapun beberapa proses pembuatan etilen oksida secara komersial yang dikembangkan adalah:

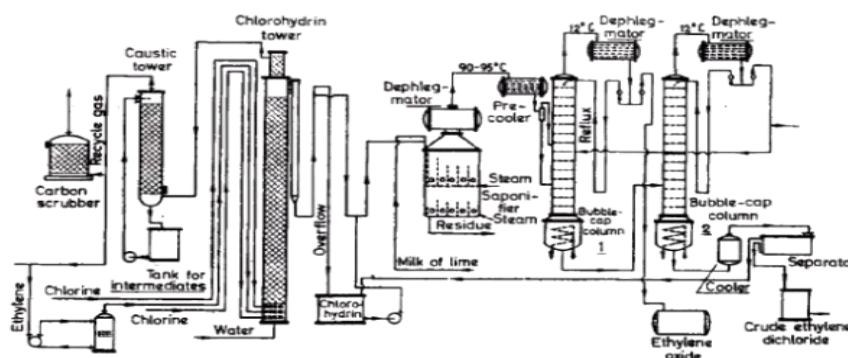
1. Proses Klorohidrin (*Wurst*)
2. Proses Oksidasi Langsung Dengan Oksigen
3. Proses Oksidasi Langsung Dengan Udara

1.8.1 Proses Klorohidrin (*Wurst*)

Proses ini dikenal juga dengan proses klorohidrin yang merupakan proses pertama pembuatan etilen oksida dan saat ini sudah tidak dioperasikan lagi secara komersial dikarenakan biaya investasi awal yang terlalu mahal dapat dilihat pada Gambar 1.7. Menurut Kirk-Othmer, 1990, Proses ini terdiri dari dua reaksi utama yaitu reaksi pembentukan etilen klorohidrin dari asam hipoklorat dan etilen serta reaksi pembentukan etilen oksida dari etilen klorohidrin dan basa $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Reaksinya adalah:



Adapun *Flowsheet* dasar Pembuatan Etilen Oksida Melalui Proses Klorohidrin (*Wurst*) pada Gambar 1.7.



Gambar 1.7 Flowsheet dasar Pembuatan Etilen Oksida Melalui Proses Klorohidrin (*Wurst*).

Proses klorohidrin ini dilakukan dalam *packed towers* pada suhu 27-34°C dan tekanan 2-3 atm dengan *yield* 45-85%. Untuk menghindari pembentukan produk samping (etilen diklorida, *dichlorodiethyle* ether dan lain-lain) konsentrasi klorohidrin dalam larutan reaksi klorohidrin dipertahankan di bawah 7 wt% (Kirk-Othmer, 1990).

Tahap kedua dari proses, dehidroklorinasi, dilakukan dengan menambah 10% *slurry* Ca(OH)_2 pada larutan klorohidrin yang keluar dari dasar reaktor pertama. Campuran tersebut kemudian dipanaskan sampai 100°C pada *hydrolyzer*, sebuah *vessel* berbentuk silinder dengan kondenser parsial yang beroperasi pada tekanan atmosferis. Reaksi klorohidrin dengan Ca(OH)_2 menghasilkan etilen oksida dengan sedikit produk samping dan juga air. *Yield* yang dihasilkan pada kondisi yang optimal secara teoritis adalah 95%. Aliran uap dari *hydrolizier* dilewatkan melalui pendingin dan dikondensasi secara parsial kemudian diumpukan ke bagian fraksinasi (Mc Ketta, 1984).

Proses klorohidrin lebih mahal 3-4 kali daripada proses oksidasi langsung. Kelemahan lain dari proses klorohidrin adalah masalah pengolahan limbah dimana cukup banyak mengandung *calcium chloride* dan sejumlah hidrokarbon terklorinasi dan glikol. Berikut analisa ekonomi awal dari proses *wurst* dapat dilihat pada Tabel 1.17.

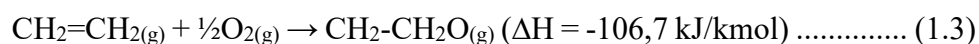
Tabel 1.17 Analisa Biaya Awal Bahan Baku dari Proses *Wurst*.

Parameter	Bahan Utama			Produk
	Etilen	Asam Hipoklorat	Kalsium Hidroksida	Etilen klorohidrin
Berat Molekul (g/mol)	28,05	52,46	74,09	80,51
Harga per kg	Rp 12.500	Rp 21.939	1.885	Rp 835.763
Kebutuhan	1 mol x 28,05 gr/mol = 28,05 gr = 0,2805 kg	1 mol x 52,46 gr/mol = 52,46 gr = 0,5246 kg	1 mol x 74,09 gr/mol = 74,09 = 0,7409	1 mol x 80,51 gr/mol = 80,51 gr = 0,8051 kg
Harga Total	0,2805 kg x Rp 12.500 = Rp 3.506	0,5246 kg x Rp 21. 939 = Rp 11.509	0,7409 kg x Rp 1.885 = Rp 1.396	0,8051 kg x Rp 835.763

Parameter	Bahan Utama			Produk
	Etilen	Asam Hipoklorat	Kalsium Hidroksida	Etilen klorohidrin
				= Rp 672.872
Analisa Ekonomi Awal	(Harga Produk) – (Harga Total Bahan Baku Utama + Bahan Baku Pendukung) = (Rp 672.872) – (Rp 3.506 + Rp 11.509 + Rp 1.396) = Rp 656.461/kg			

1.8.2 Proses *Direct Oxidation*

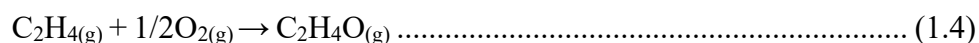
Proses pembentukan etilen oksida dengan oksidasi langsung ditemukan oleh Lefort pada tahun 1931 dan dikomersialkan pertama kali pada tahun 1937. Oleh karena faktor ekonomi, proses ini mulai menggantikan proses klorohidrin pada tahun 1950. Menurut Kirk-Othmer, 1990 Prinsip dari proses oksidasi langsung ini adalah reaksi oksidasi fase gas antara etilen dan oksigen atau udara dengan katalisator perak pada suhu 220 - 300°C dan tekanan 10-30 bar. Berbeda dengan proses klorohidrin, proses oksidasi langsung ini menghasilkan *by product*. Reaksi pembentukan etilen oksida dengan oksidasi secara langsung, antara lain (Hanna Perzon, 2015):



Pada Proses oksidasi langsung ini diperlukan adanya inhibitor berupa *ethyle chloride* (2,5-3,0 ppm) atau *vinyl chloride* (4-6 ppm) untuk mencegah terjadinya reaksi oksidasi total dan meningkatkan selektivitas etilen oksida.

1.8.2.1 Oksidasi Langsung dengan Oksigen

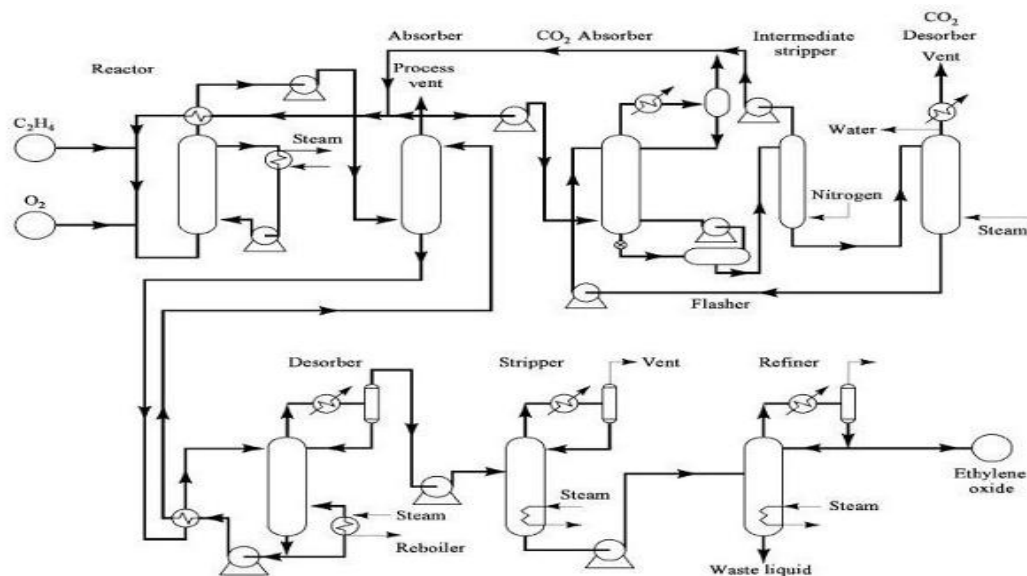
Pada proses oksidasi langsung dengan oksigen ini, dibutuhkan oksigen dengan kemurnian yang tinggi (>95%). Selektifitas etilen oksida dan konversi yang dihasilkan adalah 75-99% (Kirk-Othmer, 1992). Dalam proses ini terjadi reaksi utama yaitu pembentukan etilen oksida.



Reaksi dijalankan dalam reaktor *fixed bed multi tube* dengan kondisi tekanan 10-15 atm dan suhu 220-277°C dengan menggunakan katalis Ag/Al₂O₃. *Selectivity* etilen menjadi etilen oksida yang dihasilkan berkisar 75-82%. Meskipun reaksi fundamental dan hasil akhirnya sama, ada perbedaan substansial dalam detail

antara proses berbasis udara dan oksigen. Hampir semua perbedaan muncul dari perubahan zat pengoksidasi dari udara. Karena konversi per lintasan yang rendah, kebutuhan untuk menghilangkan etilen oksida secara menyeluruh melalui absorpsi. Sebagai konsekuensi langsung dari aliran pembersihan ini, proses berbasis udara memerlukan sistem penyerapan reaksi bertahap yang dijelaskan sebelumnya.

Proses berbasis oksigen pada dasarnya menggunakan oksigen murni, mengurangi jumlah gas lembam yang dimasukkan ke dalam siklus dan dengan demikian menghasilkan daur ulang yang hampir sempurna dari etilen yang tidak diubah. Ini menghilangkan kebutuhan akan sistem reaktor pembersih dalam proses berbasis oksigen.



Gambar 1.8 *Flowsheet* dasar Pembuatan Etilen Oksida Melalui Proses Oksidasi Langsung dengan Oksigen.

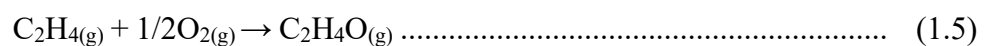
Analisa ini mencakup harga bahan baku, kebutuhan konsumsi per satuan waktu, serta total biaya yang diperlukan dalam periode tertentu. Hasil perhitungan analisa ekonomi awal bahan baku pada proses oksidasi langsung dengan oksigen dapat dilihat pada Tabel 1.18.

Tabel 1.18 Analisa Biaya Awal Bahan Baku Proses Oksidasi Langsung dengan Oksigen.

Parameter	Bahan Utama		Produk
	Etilen	Oksigen	Etilen Oksida
Berat Molekul (g/mol)	28,05	32	44,06
Harga per kg	Rp 12.500	Rp 6.500	Rp 16.800
Kebutuhan	1 mol x 28,05 gr/mol = 28,05 gr = 0,2805 kg	$\frac{1}{2}$ mol x 32 gr/mol = 16 gr = 0,16 kg	1 mol x 44,06 gr/mol = 44,06 gr = 0,4406 kg
Harga Total	0,2805 kg x Rp 12.500 = Rp 3.506	0,16 kg x Rp 6.500 = Rp 1.014	0,4406 kg x Rp 16.800 = Rp 7.402
Analisa Ekonomi Awal	(Harga Produk) – (Harga Total Bahan Baku Utama + Bahan Baku Pendukung) = (Rp 7.402) – (Rp 3.506 + Rp 1.014) = Rp 11.922/kg		

1.8.2.2 Oksidasi Langsung dengan Udara

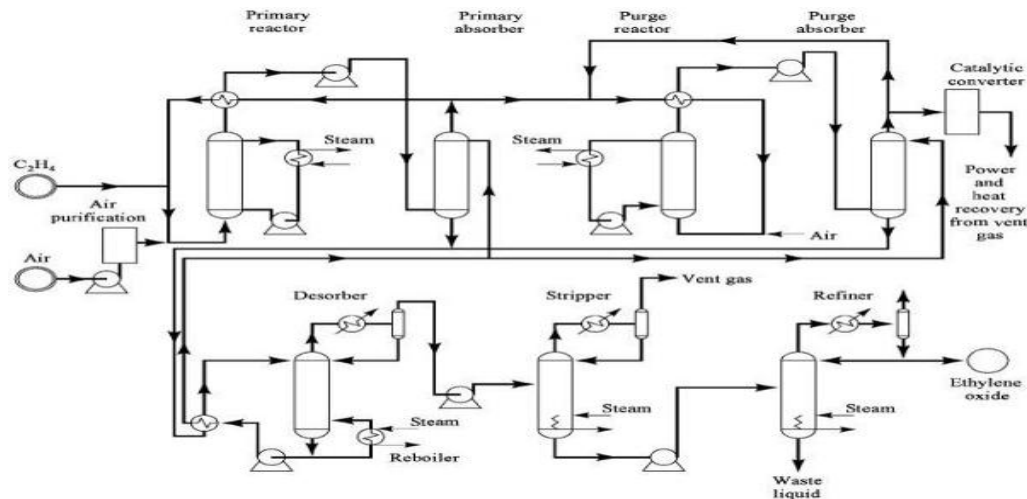
Pada proses oksidasi langsung dengan udara, komponen nitrogen menjadi komponen dominan pada reaksi campuran gas. Nitrogen merupakan *gas inert* yang dapat mengurangi eksplosivitas dan juga berfungsi sebagai pendingin selama reaksi (Mc Ketta, 1984). Menurut Kirk-Othmer, 1992, pembuatan etilen oksida melalui proses ini dengan menggunakan udara bertekanan tinggi yang kemudian dimurnikan guna menghilangkan pengotornya, kemudian dicampurkan dengan etilen dan aliran gas *recycle*. Gas yang telah bercampur lalu diumpankan ke dalam reaktor yang di dalamnya terdapat katalis, agar terjadi reaksi oksidasi menjadi etilen oksida, karbon dioksida, dan air. Untuk memperlambat terbentuknya karbon dioksida, maka ditambahkan inhibitor berupa halida organik seperti etilen diklorida.



Reaksi berlangsung pada temperatur 250-350°C dan tekanannya berkisar antara 20-30 bar dengan katalis perak. *Selectivity* yang dihasilkan berkisar 20-65% lebih rendah dibandingkan dengan oksidasi langsung etilen dengan menggunakan oksigen. Konversi etilen per lintasan dalam reaktor primer dijaga pada 20% -30% untuk memastikan selektivitas katalis 70-80% (Kirk-Othmer,1992).

Proses ini memerlukan volume reaktor yang lebih besar dibanding proses menggunakan oksigen dan untuk mencegah akumulasi nitrogen dalam reaktor dibutuhkan purging pada reaktor sehingga membutuhkan biaya investasi yang lebih besar dan proses pengendalian yang lebih cermat. Selain itu pada proses oksidasi menggunakan udara membutuhkan lebih banyak katalis yang digunakan, reaktor yang digunakan lebih banyak (untuk mendapatkan selektifitas yang tinggi), membutuhkan *multi-stage compressors* serta membutuhkan unit pengolahan gas buang yang lebih rumit.

Aliran proses yang keluar dari reaktor dapat mengandung 1-3 mol% etilen oksida. Gas efluen panas ini kemudian didinginkan pada *shell-and-tube heat exchanger* hingga sekitar 35-40°C dengan menggunakan gas aliran umpan reaktor *recycle* dingin dari penyerap primer. Gas produk kotor yang didinginkan dikompresi dalam *blower sentrifugal* sebelum memasuki penyerap utama. Langkah penting kedua dari proses ini adalah perolehan kembali etilen oksida dari gas produk kotor (Kirk-Othmer, 1992).



Gambar 1.9 *Flowsheet* dasar Pembuatan Etilen Oksida melalui Proses Oksidasi Langsung dengan Udara.

Perhitungan analisa mencakup kebutuhan bahan baku, harga bahan, serta total biaya yang diperlukan berdasarkan kapasitas produksi yang direncanakan. Hasil analisa ekonomi awal bahan baku pada proses oksidasi langsung dengan udara dapat dilihat pada Tabel 1.19.

Tabel 1.19 Analisa Biaya Awal Bahan Baku Proses Oksidasi Langsung dengan Udara.

Parameter	Bahan Utama			Produk
	Etilen	Nitrogen	Oksigen	Etilen Oksida
Berat Molekul (g/mol)	28,05	28,01	32	44,06
Harga per kg	Rp 12.500	Rp 0	Rp 0	Rp 16.800
Kebutuhan	1 mol x 28,05 gr/mol = 28,05 gr = 0,2805 kg	0.79 mol x 28,0 (g/mol) = 22,12 gr = 0,2212 kg	0.21 mol x 32 gr/mol = 6,72 gr = 0,672 kg	1 mol x 44,06 gr/mol = 44,06 gr = 0,4406 kg
Harga Total	0,2805 kg x Rp 12.500 = Rp 3.506	0,2212 kg x Rp 0 = Rp 0	0,672 kg x Rp 0 = Rp 0	0,4406 kg x Rp 16.800 = Rp 7.402
Analisa Ekonomi Awal	(Harga Produk) – (Harga Total Bahan Baku Utama + Bahan Baku Pendukung) = (Rp 7.402) – (Rp 3.506 + Rp 0) = Rp 2.910/kg			

Proses pada industri kimia umumnya dapat disederhanakan menjadi tiga tahapan penting, yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi, dan tahap pemurnian produk. Pada uraian proses pabrik kami pada umum memiliki tiga proses yang dapat dilihat pada Tabel 1.20

Tabel 1.20 Perbandingan Proses Pembuatan Etilen Oksida.

Komponen	Proses Klorohidrin (<i>Wurst</i>)	Proses Oksidasi Langsung dengan Udara	Proses Oksidasi Langsung dengan Oksigen
Bahan Baku	etilen klorohidrin dari asam hipoklorat dan etilen	Etilen, oksigen dan nitrogen	Etilen dan oksigen (satu reaksi)
Tekanan	2-3 bar	20-30 bar	10-20 bar
Temperatur	27-43°C	250-350°C	220-277°C
Konversi	-	20%-65%	95%
Kemurnian	90%	95%	>95
Katalis	-	Perak	Ag/Al ₂ O ₃
Yield/selectivity	45%-85%	63%-75%	75%-82%

Komponen	Proses Klorohidrin (<i>Wurst</i>)	Proses Oksidasi Langsung dengan Udara	Proses Oksidasi Langsung dengan Oksigen
Reaktor	PFR	PFR	PFR

Sumber: Kirk-Orthmer, 1998

Dari ketiga proses diatas dipilih pembuatan etilen oksida dengan proses oksidasi langsung menggunakan oksigen (O_2) dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Biaya Investasi awal yang tidak terlalu tinggi
2. Selektivitas dan konversi proses yang dihasilkan cukup tinggi
3. Relatif membutuhkan lebih sedikit katalis
4. Limbah gas yang dihasilkan sedikit
5. Jumlah *gas inert* (N_2) dalam siklus tetap sehingga mudah untuk di kontrol.
6. Produk samping yang dihasilkan tidak terlalu berbahaya
7. Tidak membutuhkan reaktor yang terlalu banyak.

Reaksi pembentukan Etilen Oksida dapat dilakukan pada fase gas antara etilen dan oksigen dengan katalisator Ag/Al_2O_3 . Menurut (Europe Patent, 2020) reaksi yang memiliki selektivitas lebih dari 80% pada *Fixed Bed Reactor* berkatalis di konfigurasi dengan waktu tinggal rata – rata kurang dari atau sama dengan 24 detik terhadap aliran produk etilen oksida berfasa gas.

1.9 Uraian Proses

Reaksi pembentukan Etilen Oksida dapat dilakukan pada fase gas antara etilen dan oksigen dengan katalisator perak (Ag). Proses pembuatan etilen oksida secara garis besar dibagi menjadi tahap proses, yaitu :

1. Tahap Persiapan Bahan Baku.
2. Tahap Reaksi.
3. Tahan Pemurnian Hasil.

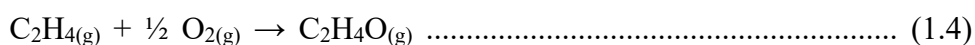
Menurut (Europe Patent, 2020) reaksi yang memiliki selektivitas lebih dari 80% pada *Fixed Bed Reactor* berkatalis di konfigurasi dengan waktu tinggal rata – rata kurang dari atau sama dengan 24 detik terhadap aliran produk etilen oksida berfasa gas.

1.9.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku Etilen dari PT Candra Asri di pompa menuju tangki penyimpanan (T-101) pada suhu -71°C dengan tekanan 5 atm, keluaran tangki (T-101) di pompa untuk menaikkan tekanan menjadi 16,2 menuju ke Vaporizer (vap-101) untuk mengubah fase menjadi gas dengan memanfaatkan aliran keluaran reaktor dengan suhu 260°C dan tekanan 16 atm. Keluaran Vaporizer (vap-101) dengan suhu 60°C dan tekanan 16 atm di alirkan menuju Heater (E-102) untuk menaikkan suhu menjadi 220°C . Kemudian keluaran dari Heater (E-102) dialirkan menuju Reaktor (R-201). Bahan baku oksigen melalui air separation process (ASP) dengan suhu 30°C dan tekanan 2,5 atm di alirkan menuju kompresor (K-101) untuk menaikkan tekanan menjadi 16 atm dengan suhu 304°C . Keluaran dari kompresor (K-101) di alirkan menuju ke Heater (E-101) untuk menurunkan suhu menjadi 220°C dan tekanan 16 atm, selanjutnya di alirkan menuju Reaktor (R-201).

1.9.2 Tahap Reaksi

Proses pembuatan etilen oksida dengan oksidasi langsung menggunakan Plug Flow Reactor (PFR) dengan katalis perak (Ag) yang dijaga pada kondisi suhu 220°C - 277°C dan tekanan 10 - 20 atm. Reaktan etilen dan oksigen pada suhu 220°C dan tekanan 16 atm diumpankan pada reaktor (R-201) dengan fasa gas. Didalam reaktor akan terjadi reaksi oksidasi (reaksi bersifat eksotermis dan irreversible), reaksi dapat dilihat pada persamaan 1.4

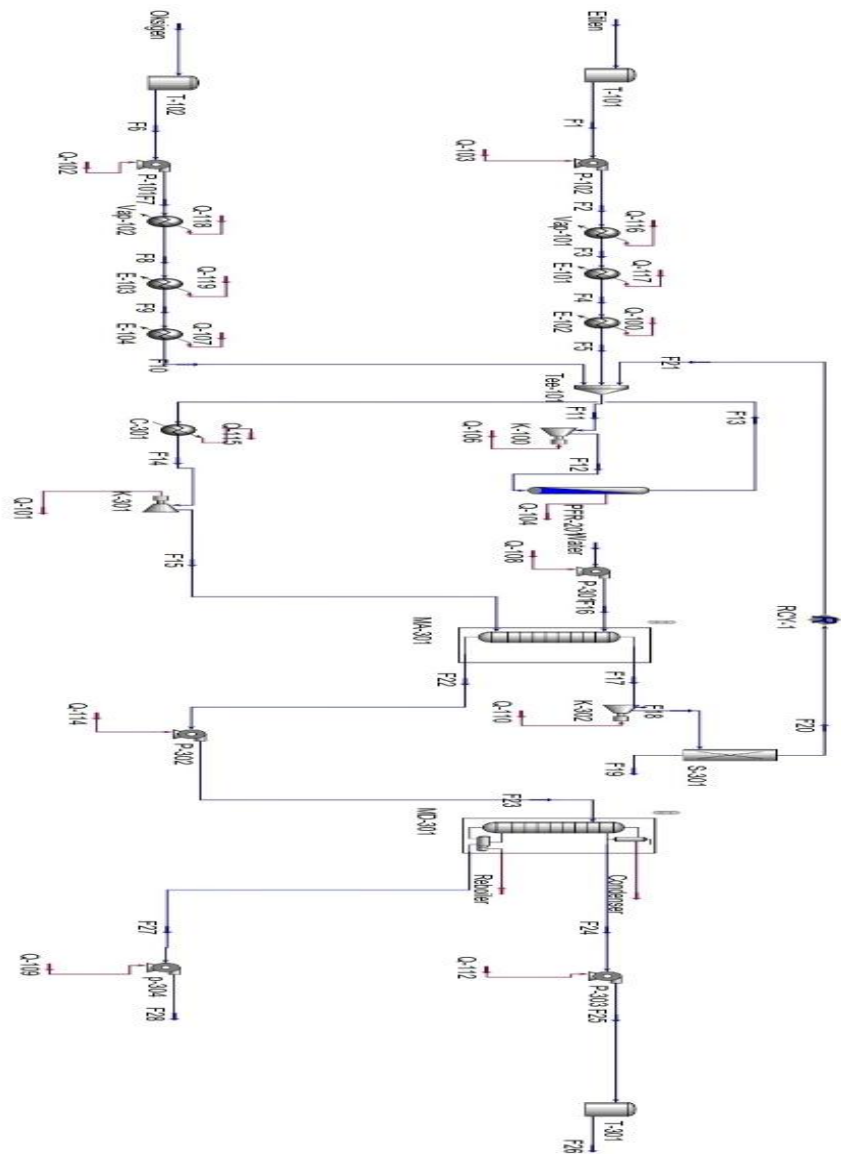


Etilen teroksidasi membentuk etilen oksida dan besarnya konversi etilen dapat mencapai 95%. Suhu sangat mempengaruhi konversi terbentuknya etilen oksida. Reaksi berlangsung didalam reaktor plug aliran (PFR) pada suhu 220°C dan tekanan 16 atm dengan bantuan katalis perak (Ag), karena reaksi bersifat eksotermis dan irreversible maka reaksi disertai dengan pelepasan panas, akibatnya akan terjadi peningkatan suhu. Untuk mencegah hal tersebut digunakan pendingin. Keluaran reaktor yang bersuhu 220°C pada tekanan 16 atm, kemudian diturunkan

tekanannya dengan menggunakan Exp-201 menjadi 4,1 atm dengan suhu 116,7°C. Hasil reaksi didinginkan oleh Cooler-201 menjadi 40°C pada tekanan 4 atm.

1.9.3 Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan produk yaitu etilen oksida dari campuran gas dan kemudian di murnikan hingga mencapai komposisi yang diinginkan. Gas keluaran Cooler (E-201) dengan suhu 148°C pada tekanan 10 atm di alirkan menuju Menara Absorber (MA-301) dalam fase gas. Disini etilen oksida akan diserap oleh air sebagai absorben. Air penyerap dimasukkan dari puncak menara dan gas berupa keluaran reaktor (R-201) dari bawah menuju atas dan terjadi kontak antara air penyerap dengan gas. Keluaran absorber yang bersuhu 61°C pada tekanan 10 atm dialirkan menuju Menara Distilasi (D-301) dengan tujuan untuk pemurnian produk etilen oksida. Hasil keluaran atas menara distilasi adalah produk etilen oksida yang telah di kondensasi yang bersuhu 29°C dan tekanan 2 atm. Sebagian hasil atas akan di kembalikan ke menara distilasi sedangkan yang lainnya di alirkan menuju tangki penyimpanan (T-401). Sedangkan keluaran bawah Menara distilasi merupakan air yang langsung dialirkan menuju water treatment.



1.10 Pemilihan Lokasi Pabrik

Secara geografis penentuan letak lokasi suatu pabrik sangat menentukan kemajuan pabrik tersebut saat produksi dan masa yang akan datang. Lokasi pendirian pabrik dapat dilihat pada Gambar 1.6 merupakan salah satu faktor yang paling penting dalam perancangan pabrik, karena mempengaruhi kegiatan industri, baik didalam kegiatan produksi maupun distribusi produk untuk kelangsungan dari suatu industri baik produksi sekarang maupun untuk masa yang akan datang seperti, perluasan pabrik, daerah pemasaran produksi, penyediaan bahan baku dan lain-lain, harus mendapat perhatian khusus dalam pendirian suatu pabrik. Oleh karena itu pemilihan lokasi yang tepat dari pabrik akan menghasilkan biaya produksi dan distribusi yang seminimal mungkin.

Provinsi Banten tepatnya kota Cilegon sebagai lokasi strategis dikarenakan kota Cilegon berada dalam jalur transportasi Merak-Jakarta yang merupakan pintu gerbang pulau jawa dari sumatera. Oleh karena itu, pabrik etilen oksida direncanakan untuk didirikan di daerah Provinsi Banten khususnya kota Cilegon. Faktor-faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik etilen oksida adalah sebagai berikut:

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat di prioritaskan. Bahan baku Oksigen direncanakan diperoleh dari PT Air Liquide Indonesia adalah sekitar 9 km hingga 11 km, bahan baku Etilen diperoleh PT Chandra Asri Pacific Tbk di Cilegon adalah sekitar 4 km hingga 6 km dan pada air utilitas dari Hilir Sungai Cidanau sekitar 12 km hingga 13 km. Dengan letak antara pabrik dengan bahan baku yang dekat, maka diharapkan penyediaan bahan baku dapat tercukupi dengan lancar. Jika bahan baku harus di impor dari luar negeri, pelabuhan yang ada di Cilegon cukup dekat dengan lokasi pabrik sehingga akan sangat mendukung untuk penyediaan bahan baku etilen.

2. Pemasaran

Pabrik etilen oksida terutama ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, dimana industri yang menggunakan etilen oksida merupakan bahan baku

penunjang yang digunakan dibidang industri, terutama industri etilen glikol (65%), etoksilat (13%), dietilen glikol (7%), etanol amine (6%), etilen glikol eter (4%), polioliol (3%) dan polietilen glikol (2%). Karena sebagian industri diindonesia masih terpusat dipulau jawa, maka pasar potensial adalah pulau jawa. Hal ini didukung dengan adanya beberapa industri etilen glikol yang memerlukan bahan baku etilen oksida, seperti PT. Yasa Ganesha Putra di daerah Merak, yang berjarak tidak jauh dari lokasi pabrik. Letak geografis pabrik di Kota Cilegon cukup strategis, karena berdekatan dengan kawasan pulau jawa sebagai pusat pengembangan nasional dan daerah ini merupakan salah satu sektor ekonomi perdagangan, yaitu ekspor impor. Hal ini merupakan peluang untuk memperluas jaringan pemasaran. Pemasaran produk tidak lepas dari sistem transportasi yang tersedia di Kota Cilegon.

3. Transportasi

Cilegon berada dalam jalur transportasi Merak-Jakarta, yang merupakan pintu gerbang pulau jawa dari sumatera. Kawasan industri KIEC ini juga telah memiliki fasilitas jalan kelas satu, dengan demikian transportasi darat dari sumber bahan baku, dan pasar tidak lagi menjadi masalah. Untuk sarana transportasi laut, KIEC memiliki pelabuhan yang dapat disandari kapal berukuran 100.000 DWT. Posisi kawasan industri yang strategis juga akan memudahkan transportasi laut, baik untuk kebutuhan pengiriman antar pulau maupun untuk ekspor. Sistem transportasi menunjang dalam mempermudah pengadaan bahan baku dan pemasaran produk, baik melalui darat, laut maupun udara.

4. Penyediaan Utilitas

Kebutuhan sarana penunjang seperti listrik dapat dipenuhi dengan adanya transmisi dari PLN unit Suralaya sebesar 3000 MW dan dengan cadangan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang dimiliki oleh Grup Krakatau *Steel*, sedangkan air dapat diperoleh dari *water treatment plant* pihak pengelola KIEC, sebesar 2000 liter/detik. Selain itu dapat pula diperoleh dari sumber air tanah.

5. Tenaga Kerja

Melihat keberadaan dan kemampuan tenaga ahli di bidang kimia di Indonesia yang begitu banyak, maka akan menjamin terlaksananya pendirian pabrik produksi etilen oksida di Indonesia. Ketersediaan tenaga kerja yang melimpah di

Indonesia membuat produksi etilen oksida akan berjalan lancar, serta perekrutan tenaga kerja menurut kualifikasi tertentu merupakan pertimbangan yang penting demi kemajuan suatu pabrik. Tidak kalah juga para tenaga ahli dan pekerja-pekerja yang ada di daerah Cilegon. Dengan pertimbangan demikian rencana pendirian pabrik etilen oksida di Cilegon tersebut akan dapat terlaksana dan terwujud dengan baik. Tenaga kerja dapat dipenuhi dengan mudah dari daerah sekitar lokasi pabrik maupun luar lokasi pabrik sesuai dengan kebutuhan dan kriteria perusahaan. Tenaga kerja lulusan universitas terbaik, pendirian pabrik ini diharapkan dapat membuka lapangan kerja baru, sehingga mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia, sehingga dengan meningkatnya lapangan kerja di Indonesia mampu membuat roda ekonomi menjadi jauh lebih baik.

6. Kondisi Daerah

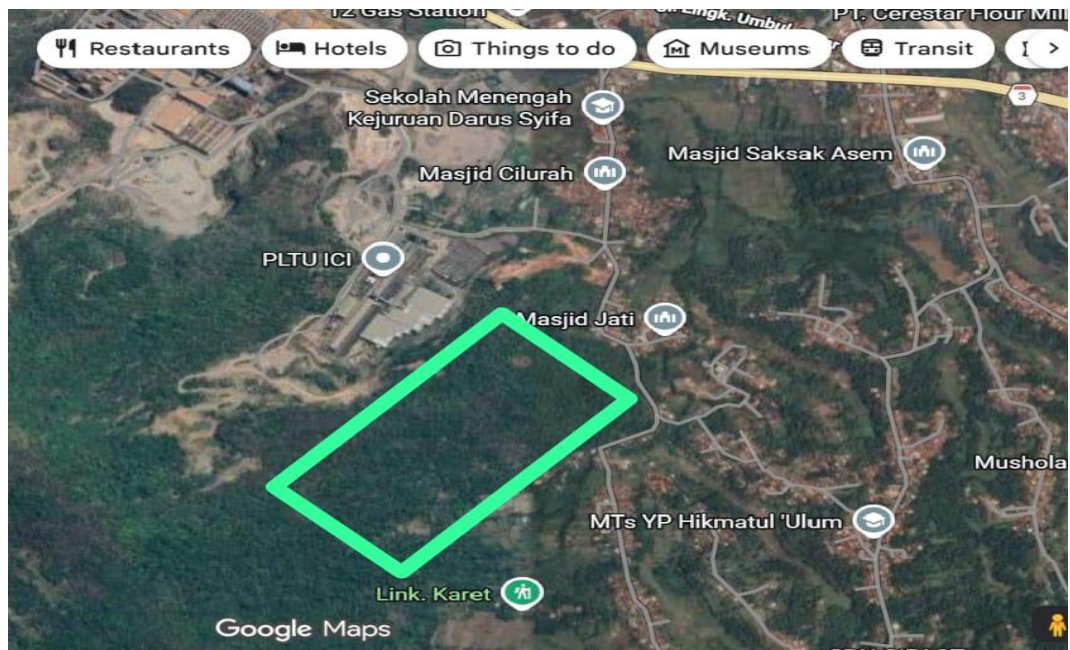
Iklim daerah Cilegon termasuk tropis basah, dengan curah hujan beragam setiap tahun. Suhu udara beragam antara 22-34°C. Kondisi tanah relatif masih luas dengan struktur tanah yang kuat. Kota Cilegon, Banten merupakan daerah yang telah dijadikan sebagai kawasan industri oleh pemerintah Banten.

7. Kebijakan Pemerintah

Kawasan Industri Krakatau Steel merupakan kawasan industri dan berada dalam teritorial negara Indonesia sehingga secara geografis pendirian pabrik di kawasan tersebut tidak bertentangan dengan kebijakan pemerintah yang berlaku.

8. Keadaan Masyarakat

Masyarakat di daerah industri akan terbiasa untuk menerima kehadiran suatu pabrik di daerahnya, selain itu masyarakat juga akan dapat mengambil keuntungan dengan pendirian pabrik ini, antara lain dengan adanya lapangan kerja yang baru maupun membuka usaha kecil di sekitar lokasi pabrik.



Gambar 1.10 Peta Pendirian Pabrik di Wilayah Krakatau Industrial Estate Cilegon