

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Etilen oksida merupakan senyawa organik golongan eter dengan rumus molekul  $C_2H_4O$  yang merupakan hasil oksidasi langsung antara etilen dan udara dengan bantuan katalis perak. Bahan kimia yang juga dikenal sebagai *oxirane* ini berwujud gas tidak berwarna, terkondensasi pada suhu  $10^\circ C$ , mudah terbakar pada suhu ruangan dan berbau manis. Etilen oksida ini banyak dimanfaatkan dalam industri kimia dan farmasi. Secara langsung etilen oksida digunakan sebagai bahan desinfektan yang efektif dan banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga. Bidang kedokteran biasa memanfaatkan etilen oksida untuk sterilisasi peralatan bedah, plastik dan alat-alat lain yang tidak tahan panas yang tidak dapat di sterilkan dengan uap. Dalam bidang industri, penggunaan etilen oksida juga cukup luas. Selain digunakan sebagai bahan baku pembuatan etilen glikol, etilen oksida juga digunakan sebagai bahan insektisida, bahan *intermediet* pembuatan etanol *amine*, glikol eter dan polietilen oksida.

Proses pembuatan etilen oksida  $C_2H_4O$  ada dua macam yaitu proses *Wurst* (Klorohidrin) dan proses oksidasi langsung dimana proses klorohidrin ini sudah tidak dioperasikan lagi secara komersial. Karena proses klorohidrin lebih mahal tiga sampai empat kali dari pada proses oksidasi langsung. Kemudian proses oksidasi langsung adalah reaksi fase gas antara etilen dan oksigen atau udara dengan katalisator perak pada suhu  $220-300^\circ C$  dan tekanan 10-30 bar. Proses oksidasi langsung ini menghasilkan *by-product*, selain air dan karbon dioksida, dalam jumlah yang sedikit berbeda dengan proses klorohidrin masalahnya terdapat pada pengolahan limbah dimana cukup banyak mengandung *calcium chloride* dan sejumlah hidrokarbon terklorinasi dan glikol.

Bahan baku utama pembuatan etilen oksida adalah etilen, dengan beroperasinya pabrik etilen Chandra Asri di Merak dengan kapasitas produksi 900.000 ton/tahun maka kebutuhan etilen akan mudah diperoleh dan lebih murah karena melalui jaringan pemipaan. Keuntungan dengan didirikannya pabrik etilen

oksida juga memacu pertumbuhan industri hilir, dapat bermanfaat untuk memenuhi kebutuhan etilen oksida didalam negeri, dapat mengurangi ketergantungan impor terhadap negara lain, dapat menghemat devisa negara, dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan dapat menunjang pemerataan pembangunan. Dari banyaknya pertimbangan dan didapatkan banyak keuntungan pendirian pabrik etilen oksida di Indonesia merupakan hal yang tepat, maka dari itu diperlukan suatu perencanaan pendirian pabrik etilen oksida untuk dapat memaparkan bagaimana merancang suatu pabrik etilen oksida dari bahan baku etilen dan udara.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Etilen oksida secara umum digunakan sebagai bahan pensteril yang baik, selain itu juga digunakan sebagai pestisida. Di dunia kedokteran, etilen oksida di kenal sebagai bahan pensteril peralatan bedah dirumah sakit. Selain sebagai penggunaan langsung, etilen oksida merupakan bahan baku pembuatan monoetilen glikol, dietilen glikol, trietilen glikol, polietilen glikol, polietilen oksida, dan etilen glikol eter. Oleh karena itu diperlukan suatu perencanaan pendirian pabrik etilen oksida, sehingga dapat memaparkan bagaimana merancang suatu pabrik etilen oksida dari bahan etilen dan udara.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan perancangan pabrik etilen oksida dari bahan baku etilen dan udara melalui oksidasi langsung adalah untuk memenuhi kebutuhan dalam etilen oksida, menerapkan disiplin ilmu teknik kimia khususnya di bidang praprancangan proses dan operasi teknik kimia sehingga akan memberikan kelayakan pabrik pembuatan etilen oksida.

## **1.4 Manfaat**

Manfaat Prarancangan pabrik etilen oksida adalah sebagai berikut:

1. Dapat memenuhi kebutuhan permintaan etilen oksida didalam negeri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan impor terhadap negara lain dan dapat menghemat devisa negara.

2. Dapat meningkatkan devisa negara dari sektor non-migas bila hasil produk etilen oksida di ekspor.
3. Dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan dapat menunjang pemerataan pembangunan serta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.

### 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik etilen oksida ini yaitu :

1. Mengetahui perancangan produksi etilen oksida dengan proses oksidasi langsung dengan proses *flow diagram hysys* dan *P&ID*, perhitungan neraca massa dan neraca energi, spesifikasi peralatan, unit utilitas.
2. Analisis yang dilakukan hanya sampai analisis kelangsungan ekonomi.

### 1.6 Kapasitas Perancangan Pabrik

Dalam menentukan kapasitas prarancangan pabrik Etilen Oksida perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

#### 1.6.1 Kapasitas Pabrik Etilen Oksida di Dunia

Data-data kapasitas pabrik yang telah beroperasi penghasil etilen oksida di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.1

**Tabel 1.1** Data Produksi Etilen Oksida Beserta Kapasitas di Dunia

No.	Negara	Produsen	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	Amerika Serikat	UCC&P	1.052.000
		Shell	1.323.000
		Scientific Design	807.000
2.	Kanada	UCC&P	290.000
		Shell	185.000
3.	Meksiko	Scientific Design	303.000
4.	Brazil	Scientific Design	149.000
5.	Belgium	UCC&P	120.000
6.	Perancis	Shell	170.000
7.	Jerman	Shell	745.000
		Scientific Design	90.000
8.	Italia	UCC&P	60.000
9.	Belanda	Shell	190.000

		UCC&P	150.000
10.	Inggris	Shell	230.000
11.	Swedia	Scientific Design	40.000
12.	Spanyol	Shell	100.000
13.	Bulgaria	Scientific Design	85.000
14.	Republik Ceko	Shell	55.000
15.	Polandia	Shell	80.000
16.	Roma	Scientific Design	70.000
17.	Rusia	Scientific Design	380.000
18.	Jepang	Shell	449.000
		Scientific Design	100.000
		Dow Chemical	210.000
19.	Republik Rakyat Cina	Scientific Design	325.000
		Dow Chemical	60.000
20.	Taiwan	UCC&P	125.000
		Shell	35.000
		Scientific Design	30.000
21.	India	UCC&P	45.000
		Shell	91.000
		Scientific Design	42.000
22.	Korea Utara	Dow Chemical	10.000
23.	Korea Selatan	Shell	180.000
		Scientific Design	160.000
24.	Australia	Scientific Design	30.000
25.	Singapura	Shell	80.000
26.	Turki	Shell	50.000
27.	Arab Saudi	Shell	360.000
		Scientific Design	270.000

(Sumber : Kirk-Othmer, 1992)

### 1.6.2 Kebutuhan Etilen Oksida di Indonesia

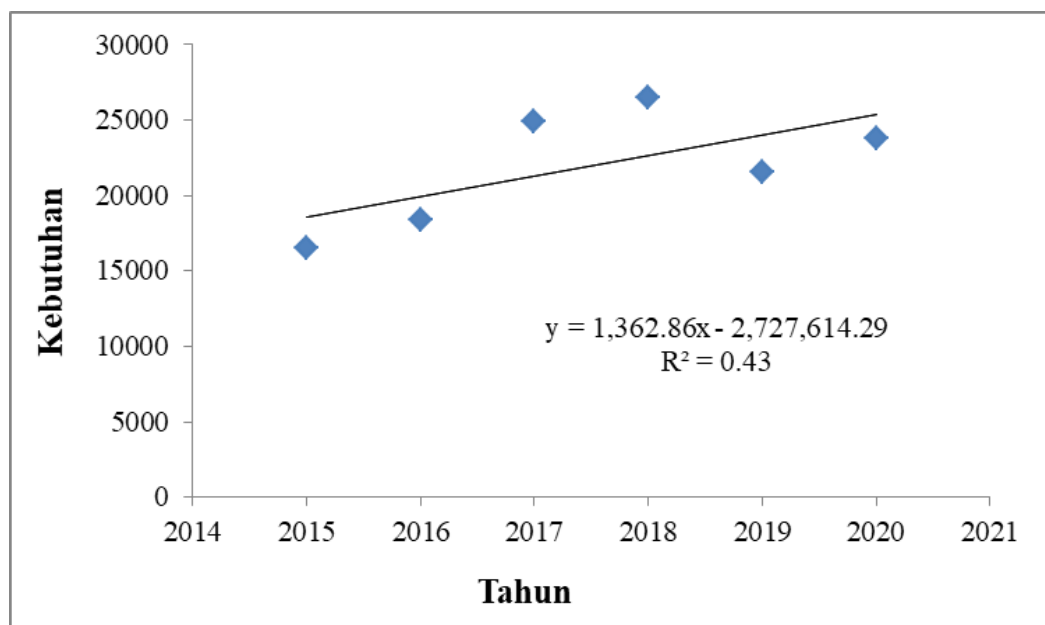
Selama ini Indonesia masih mengimpor etilen oksida untuk memenuhi kebutuhan alam negeri. Kegunaan etilen oksida di Indonesia yang terbesar digunakan untuk bahan baku pembuatan industri etilen glikol. Berikut ini merupakan data impor etilen oksida pada tahun 2015-2020 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data Impor etilen oksida di Indonesia dari tahun 2015 - 2020 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

**Tabel 1.2** Data Kebutuhan Etilen Oksida di Indonesia

No	Tahun	Konsumsi (ton/tahun)
1.	2015	16.500
2.	2016	18.400
3.	2017	24.900
4.	2018	26.500
5.	2019	21.600
6.	2020	23.800

(Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia, 2015 - 2020)

Dari data kebutuhan etilen oksida dari tahun 2015 sampai 2020 terus meningkat, untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor, serta diharapkan Indonesia menjadi negara pengeksport 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 2025 dengan cara ekstrapolasi data. Hasil ekstrapolasi kebutuhan etilen oksida di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1

**Gambar 1.1** Data Kebutuhan Etilen Oksida di Indonesia

Berdasarkan grafik kebutuhan etilen oksida di Indonesia didapatkan persamaan garis lurus  $y = 1.362,86x - 2727.614,29$  dengan  $x$  sebagai fungsi tahun dan nilai  $R^2 = 0,43$ . Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan etilen oksida dalam negeri pada tahun 2025 mendatang.

$$Y = 1.362,86x - 2727.614,29$$

$$Y = 1.362,86 (2025) - 2727.614,29$$

$$Y = 32.177,21 \text{ Ton/Tahun.}$$

Jadi kebutuhan etilen oksida di Indonesia pada tahun 2025 meningkat menjadi sebesar 32.177,21 ton/tahun. Pada prarancangan pabrik etilen oksida ini direncanakan berdiri pada tahun 2025 dengan kapasitas 100.000 ton/tahun melalui pertimbangan sebagai berikut :

- a. 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).
- b. Kapasitas produksi pabrik etilen oksida yang sudah beroperasi di dunia berkisar 10.000 ton/tahun sampai 1.052.000 ton/tahun.
- c. Total kebutuhan dalam negeri pada saat pabrik beroperasi tahun 2025 adalah sebesar 32.000 ton/tahun dan kemungkinan akan terus meningkat.
- d. Kapasitas prarancangan pabrik etilen oksida ini sebesar 100.000 ton/tahun mengacu pada kapasitas pabrik yang ada di negara Jepang produksi *Scientific Design*.
- e. Produk etilen oksida yang dihasilkan direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sebanyak 32% dari kapasitas prarancangan pabrik ini dan 68% akan di ekspor ke negara-negara di Asia terkhususnya kawasan ASEAN, terutama untuk negara-negara Malaysia, Thailand, Vietnam, Kamboja dan lain-lain.

### 1.6.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat di proritaskan. Bahan baku utama pembuatan etilen oksida yaitu etilen yang diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Center yang memiliki kapasitas produksi 900.000 dan konsentrasi

sebesar 99,95% dalam fase gas. Mengingat ketersediaan bahan baku yang melimpah dan kebutuhan akan etilen oksida yang sangat besar, maka dapat dipertimbangkan lebih lanjut untuk mendirikan pabrik tersebut.

Pemilihan bahan baku merupakan hal yang penting dalam produksi etilen oksida, karena kemurnian produk yang dihasilkan dan desain pabrik tergantung dari kualitas bahan bakunya. Bahan baku yang digunakan adalah etilen dan udara. Beberapa hal yang mendasari pemilihan bahan baku tersebut adalah :

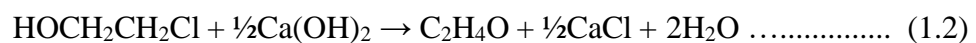
1. Bahan baku yang relatif lebih murah.
2. Bahan baku yang mudah didapat karena telah diproduksi di Indonesia.
3. Bahan baku tersedia cukup banyak sehingga kelangsungan pabrik serta kontinuitasnya dapat terjamin.

## 1.7 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 dewasa ini adalah :

### 1.7.1 Proses *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. 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:



(Kirk-Othmer, 1990)

Proses klorohidrin ini dilakukan dalam *packed towers* pada suhu 27-34°C dan tekanan 2-3 atm dengan yield 85-90%. 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).

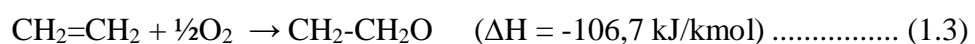
Tahap kedua dari proses, dehidroklorinasi, dilakukan dengan menambah 10% *slurry* Ca(OH)<sub>2</sub> pada larutan klorohidrin yang keluar dari dasar reaktor pertama. Campuran tersebut kemudian dipanaskan sampai 100°C pada *hydrolyzer*, sebuah *vessel* berbentuk silinder dengan kondenser parsial yang beroperasi pada tekanan atmosferis. Reaksi klorohidrin dengan Ca(OH)<sub>2</sub> menghasilkan etilen oksida dengan sedikit produk samping dan juga air. *Yield* yang dihasilkan pada kondisi yang optimal secara teoritis adalah 95%. Aliran uap dari *hydrolyzier* dilewatkan melalui pendingin dan dikondensasi secara parsial kemudian diumpukan ke bagian fraksinasi. (Mc Ketta, 1984).

### 1.7.2 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. 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.

Prinsip dari proses oksidasi langsung ini adalah reaksi oksidasi fase gas antara etilen dan oksigen atau udara dengan katalisator perak pada suhu 230-300°C dan tekanan 10-30 bar. Berbeda dengan proses klorohidrin, proses oksidasi langsung ini menghasilkan *by product*, selain air dan karbon dioksida dalam jumlah sedikit. Selain etilen oksida, karbon dioksida dan air, sejumlah kecil asetaldehida dan jejak formaldehida juga diproduksi dalam proses tersebut. Mereka umumnya berjumlah kurang dari 0,3% dari etilen oksida yang terbentuk. Asetaldehida kemungkinan besar dibentuk oleh isomerisasi etilen oksida, sedangkan formaldehida kemungkinan besar dibentuk oleh oksidasi langsung etilen.

Reaksi pembentukan etilen oksida dengan oksidasi secara langsung, antara lain (Hanna Perzon, 2015):



(Kirk-Othmer,1990)



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. Oksidasi Langsung dengan Oksigen.**

Pada proses oksidasi langsung dengan oksigen ini, dibutuhkan oksigen dengan kemurnian yang tinggi (>95 mol% O<sub>2</sub>). Selektifitas etilen oksida dan konversi yang dihasilkan adalah 75-82 mol% dan 8-12% (Kirk-Othmer, 1992).

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, dan akumulasi nitrogen dalam siklus, proses udara membutuhkan aliran pembersihan yang substansial. 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.

### **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). Etilen dioksidasi menjadi etilen oksida, karbo dioksida, dan air dalam konverter unggun terkemas, dan panas reaksi dihilangkan dengan mengedarkan atau merebus minyak organik pada sisi cangkang. Konversi etilen per lintasan dalam reaktor primer dijaga pada 20% -30% untuk memastikan selektivitas katalis 70-80%. Penghambat oksidasi fase uap seperti etilen diklorida atau vinil klorida atau senyawa terhalogenasi lainnya

ditambahkan ke inlet reaktor dalam konsentrasi ppm untuk menghambat pembentukan karbon dioksida.

Dengan digunakan udara yang kadar pengotornya masih cukup tinggi, maka dibutuhkan suatu unit *purging* untuk mengurangi akumulasi gas inert yang ada reaktor. Namun dengan menggunakan udara langsung, maka *air fractioning plant* sudah tidak diperlukan lagi. Pada proses ini didapatkan selektivitas etilen oksida dan konversi sebesar 63-75 mol% dan 20-65% (Kirk-Othmer,1992).

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).

Untuk mengetahui beberapa perbandingan pada setiap proses tersebut, dapat dilihat pada Tabel 1.3.

**Tabel 1.3** Perbandingan Proses Pembuatan Etilen Oksida

	<b>Proses Klorohidrin</b>	<b>Proses Oksidasi Udara</b>	<b>Proses Oksidasi Oksigen</b>
Yield	85% - 95%	63% - 75%	75% - 82%
Konversi	n.a	20% - 65%	8% - 12%
Suhu	27-43°C	220 – 277 <sup>o</sup> C	220 – 235 <sup>o</sup> C
Tekanan	2-3 bar	10 – 20 bar	20 – 30 bar
Produk Samping	Kalsium klorida Air	Karbon dioksida Air	Karbon dioksida Air

(Sumber : Kirk-Orthmer,1998)

Berikut ini kelebihan dan kekurangan masing-masing proses :

1. Proses *Wurst*

Kelebihan dan kekurangan pada proses *Wurst* dapat dilihat pada Tabel 1.4.

**Tabel 1.4** Kelebihan dan Kekurangan Proses *Wurst*

Kelebihan	Kekurangan
1. Selektivitas proses berkisar 85-95% 2. Suhu dan tekanan operasi reaksi berkisar 27°C - 43°C dan 2 – 3 bar	1. Biaya produksi lebih mahal 2. Perlu <i>treatment</i> limbah cukup banyak 3. Terdapat produk samping yang mengandung klor 4. Dibutuhkan peralatan tahan korosi yang harganya sangat mahal 5. Memerlukan rangkaian alat yang cukup banyak

2. Proses Oksidasi Langsung dengan Oksigen

Kelebihan dan kekurangan pada proses oksidasi langsung dengan oksigen dapat dilihat pada Tabel 1.5.

**Tabel 1.5** Kelebihan dan Kekurangan Proses Oksidasi Langsung dengan Oksigen

Kelebihan	Kekurangan
1. Selektivitas proses berkisar 75-82 mol% 2. Relatif membutuhkan lebih sedikit katalis 3. Limbah gas yang dihasilkan sedikit 4. Jumlah gas inert dalam siklus relatif rendah	1. Konversi rendah berkisar 8-12% 2. Perlu ditambahkan <i>diluent</i> gas N <sub>2</sub> 3. Jika digunakan <i>diluent</i> selain nitrogen, maka dibutuhkan kapasitas <i>purge</i> yang lebih besar dan kehilangan dari bahan baku etilen akan lebih besar 4. Membutuhkan <i>air fractionation plant</i>

3. Proses Oksidasi Langsung dengan Udara

Kelebihan dan kekurangan pada proses oksidasi langsung dengan udara dapat dilihat pada Tabel 1.6.

**Tabel 1.6** Kelebihan dan Kekurangan Proses Oksidasi Langsung dengan Udara

Kelebihan	Kekurangan
1. Udara mudah didapat 2. Selektivitas dan konversi proses ini cukup tinggi berkisar 63-75 mol% dan 20-65% 3. Tidak diperlukan <i>air fractionation plant</i> 4. N <sub>2</sub> pada udara merupakan <i>diluent</i> sebagai pendingin/penyerap panas selama reaksi	1. Memerlukan katalis yang lebih banyak, reaktor lebih banyak (2-3 reaktor seri), <i>air purification</i> , <i>multi-stage compressor</i> , dan <i>vent gas treating</i> .

Dari ketiga proses diatas dipilih pembuatan etilen oksida dengan proses oksidasi langsung menggunakan udara dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Inverstasi awal tidak terlalu tinggi.
2. Tidak diperlukan *air fractionation plant*.
3. Relatif membutuhkan lebih sedikit katalis.
4. Udara yang mudah didapat dan relatif lebih murah.
5. Pemisahan produk utama dan produk samping tidak terlalu sulit.
6. N<sub>2</sub> pada udara merupakan *diluent* yang berfungsi sebagai penyerap panas.
7. Konversi dan *yield* proses ini cukup tinggi berkisar 20-65% dan 63-75%.
8. Kondisi suhu dan tekanan yang tidak terlalu tinggi yaitu 220 - 277°C dan 10 - 20 bar.
9. Jauh lebih aman dan lebih mudah penanganannya dibandingkan dengan Oksigen.

## **1.8 Uraian Proses**

Reaksi pembentukan Etilen Oksida dapat dilakukan pada fase gas antara etilen dan udara dengan katalisator perak. Dengan digunakan udara yang kadar pengotornya masih cukup tinggi, maka dibutuhkan suatu unit *purging* untuk mengurangi akumulasi gas inert yang ada di reaktor (Kirk-Othmer, 1992). Proses pembuatan etilen oksida secara garis besar dibagi menjadi tahap proses, yaitu :

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

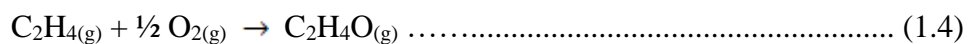
### **1.8.1 Tahap Persiapan Bahan Baku**

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 (E-101) untuk mengubah fase menjadi gas dengan memanfaatkan aliran keluaran reaktor dengan suhu 260°C dan tekanan 16 atm. Keluaran Vaporizer (E-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-101) dialirkan

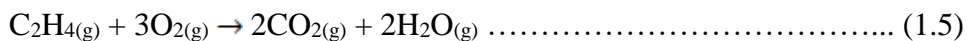
menuju Reaktor (R-201). Bahan baku udara dari lingkungan dengan suhu 30°C dan tekanan 2,5 atm di alirkan menuju kompresor (K-101) untuk menaikkan tekanan menjadi 16 atm dengan suhu 304°C. Keluaran dari kompresor (K-101) di alirkan menuju ke Cooler (E-103) untuk menurunkan suhu menjadi 220°C dan tekanan 16 atm, selanjutnya di alirkan menuju Reaktor (R-201).

### 1.8.2 Tahap Reaksi

Proses pembuatan etilen oksida dengan oksidasi langsung menggunakan reaktor plug aliran (PFR) dengan katalis perak yang dijaga pada kondisi suhu 220°C - 277°C dan tekanan 10 - 20 atm. Reaktan etilen dan udara pada suhu 220°C dan tekanan 16 atm diumpankan pada reaktor (R-201) dengan fasa uap. 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 65%. Suhu sangat mempengaruhi konversi terbentuknya etilen oksida. Dengan reaksi samping pada persamaan 1.5.



Reaksi berlangsung didalam reaktor plug aliran (PFR) pada suhu 220°C dan tekanan 16 atm dengan bantuan katalis perak, 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 di dinginkan oleh Cooler-201 menjadi 40°C pada tekanan 4 atm.

### 1.8.3 Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan produk yaitu etilen oksida dari campuran gas dan kemudian di murnikan hingga mencapai komposisi yang di inginkan. Gas keluaran Cooler (E-201) dengan suhu 148°C pada tekanan 10 atm

di alirkan menuju Absorber (Abs-301) dalam fase gas. Disini etilen oksida akan diserap oleh air sebagai absorber. Air penyerap masuk dari puncak menara dan melarutkan etilen oksida. 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-301). Sedangkan keluaran bawah Menara distilasi merupakan air yang langsung dialirkan menuju *water treatment*.

### **1.9 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 1.8 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 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 etilen direncanakan diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Center yang terletak dikawasan industri Cilegon, Provinsi Banten dengan kapasitas 900.000 ton/tahun. Sedangkan oksigen diperoleh dari udara di sekitar lingkungan pabrik. 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. Prima Ethycolindo dan 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 yaitu, UNIMAL, POLITEKNIK Lhokseumawe, UNSYIAH, ITB, UGM, UI, dan UNDIP dan untuk bagian operator lulusan SMK dan SMA. 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.

## 9. Lokasi Pabrik

Berikut ini peta lokasi dari pabrik *Ethylene Oxide* yang akan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Jalan Raya Anyer, Cilegon yang terletak di Kabupaten Lebak Provinsi Banten, Jawa Barat.

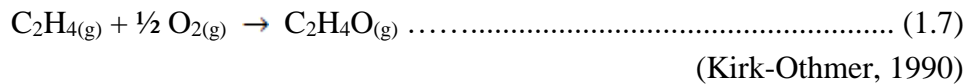
Peta Pendirian Pabrik di wilayah Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC), Banten dapat dilihat pada Gambar 1.7.



**Gambar 1.7** Peta pendirian pabrik di wilayah Krakatau Industrial Estate Cilegon.

### 1.10 Analisa Ekonomi Awal

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi teknik dan ekonomi. Adapun analisa ekonomi awal berdasarkan reaksi pada persamaan 1.7.



Uji ekonomi awal merupakan perhitungan jumlah dari harga bahan baku dan harga produk yang akan dijual sebagai penentu apakah pabrik yang akan dirancang dapat memberikan keuntungan atau memberikan kerugian. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lain yaitu harga bahan baku dan produk. Berikut harga bahan baku dan produk dari situs Badan Pusat Statistik pada tanggal 15 Februari 2021 berdasarkan nilai kurs US\$ 1 = Rp 14.092,00 tertera pada tabel 1.8 dibawah ini.

**Tabel 1.8** Harga Bahan Baku dan Produk

No.	Parameter	Bahan Baku		Produk
		Etilen	Udara	Etilen Oksida
1.	Berat Molekul	28,05 gr/mol	32 gr/mol	44 gr/mol
2.	Harga Per Kg	Rp. 20.800	Rp. 0	Rp. 28.000
3.	Kebutuhan	1 mol x 28 gr/mol = 28 gr = 0,02805 kg	1/2 mol x 32 gr/mol = 16 gr = 0,016 kg	1 mol x 44 gr/mol = 44 gr = 0,044 kg
4.	Harga Total	0,02805 kg x Rp. 28.800 = Rp. 583	0,016 kg x Rp. 0 = Rp. 0	0,044 kg x Rp. 28.000 = Rp. 1.232
5.	Analisa Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Bahan Baku = Rp. 1.232 – Rp. 583 = Rp. 649		

**Sumber :** (Badan Pusat Statistik,2020)

Dilihat dari Tabel 1.8 maka didapatkan hasil keuntungan, hasil analisa ekonomi awal didapat keuntungan dari harga bahan baku maka prarancangan pabrik etilen oksida layak dilanjutkan.