

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **I.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik**

Dalam perkembangannya menuju negara maju di segala bidang, Indonesia harus mampu bersaing dengan negara-negara industri lain di dunia secara kualitas maupun kuantitas. Peningkatan tersebut juga terjadi pada industri kimia. Karena itu industri kimia harus dikembangkan sejak saat ini agar ketergantungan pada negara lain berkurang.

Perkembangan industri kimia di Indonesia pun mengalami peningkatan. Hal tersebut menyebabkan kebutuhan bahan baku maupun bahan penunjang akan meningkat pula. Salah satu senyawa kimia yang banyak digunakan sebagai bahan baku dalam industri kimia adalah etilen oksida ( $C_2H_4O$ ) yaitu sebagai bahan baku pembuatan monoetilen glikol, dietilen glikol, trietilen glikol, polietilen glikol, polietilen oksida, etilen glikol eter, etanolamin, nonionic surfactant, akrilonitril, dan uretan. Tetapi, pemenuhan kebutuhan ini masih impor sehingga pendirian pabrik ini diharapkan mengurangi ketergantungan impor dan menghemat devisa negara. Peningkatan industri etilen glikol di dunia menyebabkan permintaan etilen oksida juga meningkat. Jadi, pabrik etilen oksida perlu didirikan di Indonesia untuk mulai beroperasi pada tahun 2024.

#### **I.2. Kapasitas Perancangan Pabrik**

Dalam penentuan kapasitas perancangan pabrik etilen oksida diperlukan pertimbangan kebutuhan produk dan ketersediaan bahan baku.

##### **1. Kebutuhan Etilen Oksida di Indonesia**

Selama ini, Indonesia masih mengimpor etilen oksida untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri. Impor etilen oksida pada tahun 2013 sebesar 74,498 ton dan meningkat menjadi sebesar 144,584 ton pada tahun 2018 (Tabel I.1). Laju peningkatan impor rata-rata etilen oksida sebesar 21,27%. Jadi, pada tahun 2023 konsumsi etilen oksida di Indonesia diperkirakan sebesar 520,69 ton per tahun.

Tabel I.1. Laju Peningkatan Impor Etilen Oksida Tahun 2013 – 2018

Tahun	Impor (ton)	Laju Peningkatan Impor
2013	74,498	
2014	79,903	7,25%
2015	162,620	103,52%
2016	132,772	-18,35%
2017	173,326	30,54%
2018	144,584	-16,58%
<b>PENINGKATAN RATA-RATA</b>		21,27%

(Sumber: bps.go.id)

## 2. Kebutuhan Etilen Oksida di Dunia

Aplikasi utama etilen oksida adalah sintesis (mono) ethylene glycol, yang mewakili lebih dari 70% dari total konsumsi etilen oksida pada tahun 2009. produksi etoksilat 11%, dan jumlah yang lebih kecil digunakan untuk glikol lebih tinggi, ethanalamines, eter glikol dan polioliol. Pada tahun 2008, produksi etilen oksida dunia adalah 19 juta ton sedangkan pada tahun 2007 sebesar 18 juta ton. SRI (Stanford Research Institute) Consulting memperkirakan pertumbuhan konsumsi etilen oksida sebesar 4,4% per tahun selama 2009-2014 dan 3% 2015-2019 ([www.sriconsulting.com](http://www.sriconsulting.com)).

Permintaan global etilen oksida dan etilen glikol tumbuh 4,52% setiap tahunnya sampai tahun 2020. Menurut *Research and Markets*, diperkirakan permintaan etilen oksida mencapai 32,4 juta ton pada 2020 dari 19,9 juta ton pada tahun 2009 sementara pertumbuhan permintaan etilen glikol dunia sebagai industri yang paling besar mengkonsumsi etilen oksida sebesar 5,49% tiap tahun, meningkat dari 18,93 juta ton di tahun 2009 menjadi 34,09 juta ton di tahun 2020. Dari peningkatan itu, pasar Asia mengambil 35% bagian dari kebutuhan etilen oksida dunia dan 63% bagian dari kebutuhan etilen glikol dunia ([www.chemicals-technology.com](http://www.chemicals-technology.com)).

Pada cakupan negara-negara di kawasan Asia Tenggara, kebutuhan import di tiap negara pada tahun 2018, rata-rata kenaikan dari tahun 2013-2024, dan prediksi kebutuhan import pada tahun 2024 adalah sebagai berikut

Tabel I.2. Import Etilen Oksida Beberapa Negara Asia Tenggara dalam Ton/tahun

<b>Tahun</b>	<b>Malaysia</b>	<b>Vietnam</b>	<b>Filipina</b>	<b>Thailand</b>
2014	669,918	179,978	58,766	517,674
2015	1376,989	356,263	64,117	625,118
2016	1289,306	325,371	21,804	543,358
2017	1102,21	621,854	175,349	501,888
2018	1074,638	652,953	364,762	556,087
2019	1154,178	790,7461	463,591	804,522
rata-rata kenaikan (%)	17,913	41,3005	156,486	11,104
prediksi tahun 2024	26,308	44,540	51458,555	1362,01
<b>Total</b>	59905,422			

(Sumber: undata.org)

Sampai saat ini sudah ada beberapa pabrik etilen oksida yang didirikan di Amerika Serikat dengan berbagai proses. Kapasitas terbesar yaitu 668.000 ton/tahun sedangkan kapasitas terkecilnya yaitu 45.000 ton/tahun (Tabel I.3).

Tabel I.3. Kapasitas Produksi Etilen Oksida di Amerika

<b>Pabrik</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (kton / tahun)</b>
BASF	Geismar, Louisiana	218
Dow	Plaquemine, Louisiana	227
Eastman	Longview, Texas	91
Hoechst-Celanase	Clear Lake, Texas	209
Olin	Brandenburg, Kentucky	50
Oxy Petrochemicals	Bayport, Texas	250
PD Glycols	Beaumont, Texas	202
Quantum	Morris, Illinois	113
Shell	Geismar, Louisiana	364
Sun Refining	Claymont, Delaware	45
Texaco	Port Neches, Texas	332
Union Carbide	Taft, Louisiana	668

(Sumber : Kirk - Othmer, 1998)

Etilen oksida yang tersedia belum bisa memenuhi permintaan. Jadi, pembangunan pabrik etilen oksida di Indonesia diharapkan dapat mengisi kekurangan etilen oksida dunia.

Berdasarkan data kebutuhan dalam dan luar negeri serta kapasitas pabrik yang sudah ada maka kapasitas pabrik direncanakan sebesar 60.000 ton/tahun dengan menggunakan proses oksidasi udara karena investasi awal lebih murah, dan dengan pertimbangan produk dapat digunakan untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri dan negara-negara di Asia Tenggara.

### 3. Ketersediaan Bahan Baku

Etilen diperoleh dari dalam negeri yaitu dari PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk, Cilegon, yang memiliki kapasitas 860.000 ton/tahun, ini mencukupi kebutuhan produksi pabrik, dan udara diperoleh langsung dari lingkungan. Sedangkan katalis perak dengan penyangga alumina di impor dari Linyi Peace Precious Metal Catalyst Co., Ltd., Cina.

Atas dasar tersebut, pabrik etilen oksida ini direncanakan didirikan dengan kapasitas 60.000 ton/tahun.

### **I.3. Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh faktor utama dan faktor khusus. Faktor utama terdiri dari letak pabrik terhadap pasar, letak pabrik terhadap bahan baku, transportasi, tersedianya tenaga kerja, dan tersedianya sumber air dan tenaga. Faktor khusus terdiri dari harga tanah dan gedung, kemungkinan perluasan pabrik, tersedianya air yang cukup, peraturan daerah setempat, keadaan masyarakat setempat.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut lokasi pabrik ditentukan di Kawasan Industri Cilegon, tepatnya di Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC), Jalan Raya Anyer, Cilegon, Banten, karena:

#### **1. Faktor Utama**

##### **a. Sumber bahan baku**

Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) dekat dengan PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk, Cilegon sebagai pemasok bahan baku utama sehingga biaya transportasi rendah.

##### **b. Pemasaran**

Etilen oksida merupakan bahan baku berbagai industri kimia antara lain monoetilen glikol, dietilen glikol, trietilen glikol, polietilen glikol, polietilen oksida, etilen glikol eter, dan akrilonitril. Beberapa diantaranya berada di Cilegon. Salah satunya yaitu PT. Polychem Indonesia Tbk, yang memproduksi etilen glikol.

##### **c. Utilitas**

Fasilitas pendukung berupa air, energi dan bahan bakar tersedia cukup memadai. Kebutuhan tenaga listrik dipenuhi oleh PT. PLN unit Suralaya yang jalurnya terdapat di kawasan ini dan air dapat diperoleh dari Water Treatment Plant pihak pengelola KIEC. Kebutuhan bahan bakar yaitu solar yang digunakan untuk menjalankan generator diperoleh dari Pertamina.

##### **d. Kebutuhan tenaga kerja**

Kebutuhan tenaga kerja dapat tercukupi dari daerah dan berbagai daerah di Indonesia.

## 2. Faktor Khusus

### a. Perluasan Areal Pabrik

Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) cukup luas, sehingga dimungkinkan perluasan pabrik di masa datang.

### b. Regulasi dan perijinan

Pemerintah menetapkan tiga lokasi sebagai pengembangan kluster industri petrokimia di Tanah Air. Tiga kluster itu masing-masing petrokimia olefin di Banten, petrokimia aromatik di Jawa Timur, dan petrokimia berbasis gas di Kalimantan Timur ([www.antaraneews.com](http://www.antaraneews.com)). Letak pabrik yang ada di daerah industri akan memberi kemudahan dalam hal perijinan. Adanya dorongan dari pemerintah daerah dalam pengembangan industri juga diharapkan dapat memberikan keuntungan tersendiri.

## I.4. Tinjauan Pustaka

### Macam-macam proses

Etilen oksida secara komersial dapat diproduksi dengan beberapa proses antara lain:

#### a. Proses Klorohidrin

Proses klorohidrin terdiri atas dua reaksi utama yaitu reaksi pembentukan etilen klorohidrin dan reaksi pembentukan etilen oksida dari etilen klorohidrin. Reaksinya adalah:



Reaksi pertama berlangsung dalam reaktor packed tower pada tekanan 2-3 bar dan suhu 27-43 °C dengan yield 85%-90%. Pada reaktor pertama ini perlu pengendalian yang cermat untuk pencegahan terbentuknya produk reaksi samping, yaitu etilen dioksida (Kirk-Othmer, 1998)

Produk dari reaktor pertama berupa cairan etilen klorohidrin yang keluar dari dasar packed tower. Selanjutnya direaksikan dengan slurry  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dalam reaktor hidrolisa pada suhu 100 °C. Yield reaksi kedua adalah 90%-95%. Hasil

reaktor kedua berupa uap etilen oksida yang kemudian dikondensasikan dan dialirkan ke unit pemurnian (Mc Ketta 1984).

Pada proses pemurnian etilen oksida memerlukan beberapa menara distilasi yang disusun seri. Meskipun proses ini tergolong sederhana, tetapi biaya modalnya tinggi karena harga material konstruksinya mahal.

#### b. Proses Oksidasi langsung

Pembentukan etilen oksida dengan proses oksidasi langsung dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

##### a. Oksidasi langsung dengan oksigen teknis

Dalam proses ini terjadi reaksi pembentukan etilen oksida dan reaksi samping menghasilkan karbon dioksida dan air.

Reaksi utama (1):



Reaksi samping (2):



Reaksi dijalankan dalam reaktor *fixed bed multitube* pada tekanan 20-30 bar dan suhu 220-235 °C dengan menggunakan katalis perak. Konversi *per-pass* dijaga rendah sekitar 8%-12% untuk mendapatkan selektivitas yang tinggi, yaitu 75%-82%. Selain terbentuk etilen oksida, juga terbentuk produk samping yang berupa gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Konsentrasi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan berlebih 15% mol sehingga perlu rangkaian CO<sub>2</sub> absorber dan CO<sub>2</sub> stripper untuk pengurangan kandungan CO<sub>2</sub> sebelum gas keluar dapat di-*recycle* ke reaktor lagi. Selain itu guna mencegah efek eksplosivitas etilen terhadap oksigen, maka perlu penambahan nitrogen dalam siklus reaktor (Kirk-Othmer, 1998).

##### b. Oksidasi langsung dengan oksidasi udara

Proses ini terdiri dari reaksi utama dan reaksi samping, yaitu seperti pada reaksi (1) dan (2) di atas. Dari segi reaksi, pada dasarnya sama dengan menggunakan oksigen teknis, yaitu dijalankan pada suhu 220-277 °C dan tekanan 10-30 bar dengan katalis perak.

Konversi *per-pass* bisa lebih tinggi, yaitu sekitar 20%-30% dengan selektivitas 63%-75%.

Dengan digunakannya udara dengan kadar nitrogen tinggi, maka tidak memerlukan gas diluen khusus karena nitrogen udara berfungsi sebagai diluen untuk pencegahan eksplosifitas. Namun kemudian, dengan digunakannya udara sebagai oksidator yang mengandung banyak nitrogen, maka diperlukan *purging* sebagian reaktan yang tidak bereaksi sebelum di-*recycle* dalam reaktor untuk mencegah akumulasi nitrogen dalam reaktor (Kirk-Othmer, 1998).

Perbandingan antara berbagai proses, dapat dilihat pada tabel I.4.

Tabel I.4. Perbandingan beberapa proses pembuatan Etilen Oksida

	Proses Klorohidrin	Proses Oksidasi Udara	Proses Oksidasi Oksigen
Yield	85% – 95%	63%-75%	75%-82%
Konversi	n.a	20%-65%	8%-12%
Suhu	27 – 43 °C	220 - 277 °C	220 - 235 °C
Tekanan	2 – 3 bar	10 – 20 bar	20 – 30 bar
Bahan baku	Etilen (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) dan klorohidrin (HOCl)	Etilen (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) dan Oksigen teknis	Etilen (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) dan Udara
Produk samping	Kalsium klorida, air	Karbon dioksida, air	Karbon dioksida, air
Biaya	Material konstruksi mahal, proses lama yang sudah ditinggalkan	Pada skala besar (55.000 - 275.000 ton/tahun) lebih murah investasi awalnya	Pada skala menengah (22.000-55.000 ton/tahun) lebih murah investasi awalnya

(Sumber: Kirk - Othmer, 1998)

Dari ketiga proses tersebut dipilih pembuatan etilen oksida dengan proses oksidasi berbasis udara dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Investasi awal tidak terlalu tinggi
- b. Konversi yang dihasilkan lebih besar daripada proses yang lain
- c. Pemisahan produk utama dan produk samping tidak terlalu sulit.

### I.5. Kegunaan Produk

Etilen oksida umumnya digunakan sebagai bahan pensteril yang baik. Dalam kehidupan sehari-hari digunakan mensterilkan bahan-bahan seperti pakaian, perabot rumah tangga, bahkan bulu binatang. Etilen oksida juga digunakan sebagai pestisida. Di dunia kedokteran etilen oksida dikenal sebagai bahan pensteril peralatan bedah. Bahan-bahan yang terbuat dari plastik, dan alat-alat lain yang tidak tahan panas dan tidak dapat disterilkan dengan uap. Selain untuk penggunaan langsung, etilen oksida merupakan bahan baku pembuatan monoetilen glikol, dietilen glikol, trietilen glikol, polietilen glikol, polietilen oksida, etilen glikol eter, etanolamin, dan akrilonitril (Kirk- Othmer, 1998).

### I.6. Sifat fisis dan kimia

Bahan baku pembuatan etilen oksida adalah etilen dan udara. Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk tersebut tercantum pada Tabel I.5.

Tabel I.5. Data sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk

Sifat Fisis dan Kimia	Bahan baku			Katalis	Produk
	Etilen	Udara			
		Oksigen	Nitrogen		
Rumus Kimia	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ag	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
Fasa (STP)	Gas	Gas	Gas	Padat	Gas
Berat Molekul	28,05	32,00	28,02	107,88	44,05
Titik didih normal, °C	-103	-183	-195,8	--	13, 5
Tek. kritis, bar	56,32	49,8	34	--	71,94
Suhu kritis, K	282,4	154,6	126,2	--	460,15
Densitas, g/cm <sup>3</sup>	0,217	0,436	0,3109	--	0,314

(Sumber: Perry, 2008)