

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Pendahuluan

Perkembangan dunia industri pada masa sekarang ini sangatlah pesat. Indonesia sebagai negara besar haruslah mampu bersaing dalam segala bidang industri. Indonesia harus mampu bersaing dengan negara-negara industri lain di dunia secara kualitas maupun kuantitas. Terutama pada bidang industri kimia, agar nantinya ketergantungan pada negara lain akan berkurang.

Salah satu industri kimia yang perlu dikembangkan saat ini di Indonesia adalah pabrik etilen oksida. Etilen oksida merupakan komoditas bahan kimia yang cukup potensial untuk di produksi di Indonesia karena belum terdapatnya pabrik kimia yang menghasilkan etilen oksida di Indonesia. Di sisi lain, kebutuhan industri di Indonesia yang menggunakan etilen oksida sebagai bahan baku terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), kebutuhan impor etilen oksida (C_2H_4O) di Indonesia dari tahun 2019-2023 terus mengalami kenaikan. Hal ini membuktikan kebutuhan akan etilen oksida di Indonesia sangat tinggi dan sangat bergantung dari produk impor. Sehingga, pentingnya didirikan pabrik etilen oksida agar mampu mengurangi ketergantungan pada produk impor serta mampu menghemat devisa negara dan juga dari segi sosial ekonomi, pendirian pabrik ini dapat menyerap tenaga kerja sehingga dapat mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia dan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang tinggal disekitar lokasi pabrik.

Pra rancangan etilen oksida dengan memanfaatkan akses bahan baku yang tersedia dalam negeri, diharapkan dapat menopang industri lain yang menggunakan etilen oksida sebagai bahan pokok atau sebagai bahan pelengkap serta mendorong Indonesia untuk menambah kapasitas produksi dari industri kimia untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri dan membangun kemampuan Indonesia menjadi eksportir dalam sektor industri kimia. Maka karena itu, dalam pra rancangan pabrik etilen oksida ini penulis berusaha memberikan sumbangan pemikiran yang diharapkan dapat berguna untuk pengembangan industri kimia di Indonesia.

1.2. Sejarah dan Perkembangan Etilen Oksida

Etilen oksida pertama kali ditemukan oleh John Wurtz pada tahun 1859 dan diperoleh melalui proses klorohidrin, yaitu dengan cara mereaksikan etilen klorohidrin (2-kloroetanol) dengan larutan kalsium hidroksida. Wurtz mengukur titik didih etilen oksida sebagai $13,5^{\circ}\text{C}$, sedikit lebih tinggi dari nilai sekarang, dan menemukan kemampuan etilen oksida bereaksi dengan asam dan garam logam. Wurtz keliru menganggap bahwa etilen oksida memiliki sifat-sifat basa organik. Kekeliruan ini bertahan sampai tahun 1896 ketika Georg Bredig menemukan bahwa etilen oksida mempunyai sifat elektrolit yang berbeda dari jenis eter lainnya. Proses sintesis terdahulu tetap menjadi satu-satunya metode untuk menghasilkan etilen oksida, meskipun telah dilakukan berbagai upaya untuk menghasilkan etilen oksida langsung dari etilena.

Pada tahun 1931 kimiawan Perancis Theodore Lefort mengembangkan metode oksidasi langsung etilena dengan adanya bantuan katalis perak. Sejak tahun 1940, hampir semua produksi industri Etilen Oksida telah mengandalkan

proses ini. Sterilisasi dengan Etilen Oksida untuk pelestarian rempah-rempah telah dipatenkan pada tahun 1938 oleh kimiawan Amerika Lloyd Hall. Etilen oksida dicapai industri penting selama Perang Dunia I sebagai bahan baku pembuatan etilen glikol dan gas *mustard* senjata kimia.

Produksi komersial etilen oksida terjadi pada tahun 1914 ketika BASF membangun pabrik pertama yang menggunakan proses klorohidrin dengan mereaksikan etilen klorohidrin dengan kalsium hidroksida. Proses klorohidrin tidak menarik karena beberapa alasan, termasuk efisiensi rendah dan hilangnya klorin berharga kalsium klorida. Oksidasi langsung yang lebih efisien etilena melalui udara diciptakan oleh Lefort pada tahun 1931 dan pada tahun 1937 Union Carbide membuka pabrik pertama menggunakan proses ini. Proses itu lebih ditingkatkan pada tahun 1958 oleh *Shell Oil Co* dengan mengganti udara dengan oksigen dan menggunakan suhu tinggi 200-300°C dan tekanan (1-3 MPa). Proses lebih efisien ini menyumbang sekitar setengah dari produksi etilen oksida pada tahun 1950 di AS, dan menjadi proses utama pembuatan etilen oksida.

1.3. Macam-macam Proses Pembuatan

Ada beberapa proses yang dikenal dalam pembuatan etilen oksida, yaitu :

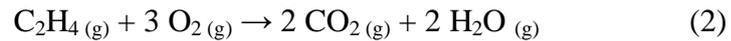
1.3.1. Reaksi Oksidasi Etilen Dengan Oksigen

Berdasarkan US Patent No. 10035781B2, dalam proses ini terjadi reaksi utama yaitu pembentukan etilen oksida dan reaksi samping menghasilkan karbon dioksida dan air.

Reaksi utama :



Reaksi samping :

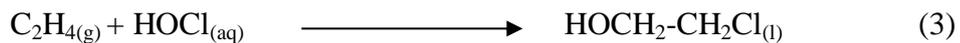


Dalam proses ini, reaksi dijalankan dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan kondisi tekanan 2,25 Mpa dan suhu 70°C dan menggunakan katalis perak. Selain terbentuk etilen oksida, juga terbentuk produk samping berupa CO₂ dan H₂O dengan kandungan CO₂ yang tinggi. Hal ini menyebabkan diperlukannya rangkaian CO₂ absorber dan CO₂ stripper untuk mengurangi kadar CO₂ yang dihasilkan dan gas yang akan keluar sebelumnya dapat di *recycle* kedalam reaktor (Kirk dan Othmer, 1978).

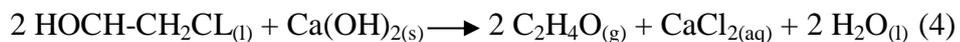
1.3.2. Reaksi Klorohidrin

Pada proses pembuatan etilen oksida dengan klorohidrin ini terjadi beberapa reaksi, yaitu:

- a. Reaksi etilen dengan asam hipoklorit untuk menghasilkan klorohidrin



- b. Reaksi Klorohidrin dengan Kalsium Hidroksida untuk menghasilkan Etilen Oksida.



Reaksi tersebut berlangsung di dalam kolom berunggun yang terbuat dari material tahan korosi pada kondisi optimum yaitu temperatur 27-43°C dan tekanan 2-3 atm. Di dalam proses ini *selectivity* teoritis sebesar 85-90%. Pada proses klorohidrin terdapat beberapa kekurangan dibandingkan proses oksidasi langsung, seperti terdapat produk samping yang mengandung klor, bahan baku yang lebih beraneka ragam dan terdapat klor dalam aliran bahan baku sehingga dibutuhkan peralatan tahan korosi yang harganya mahal.

1.3.3. Reaksi Oksidasi Etilen dari Etana Dengan Oksigen Sebagai *Oxidizing Agent*

Pada proses ini, terdapat dua tahapan reaksi pembuatan etilen oksida, yaitu:

a. Proses Pembuatan Etilen

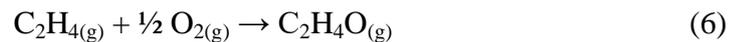
Etilen akan dibuat dari proses oxydehydrogenation etana, oksigen digunakan sebagai oxidizing agent. Pada reaksi ini dibutuhkan bantuan katalis (MoVaTeNbO) yang terjadi pada temperatur 200-500°C pada tekanan 1-10 atm, dimana reaksi yang terjadi:



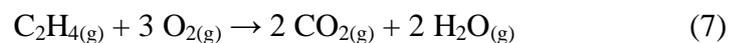
b. Proses Pembuatan Etilen Oksida

Dalam proses ini, etilen yang telah di bentuk pada reaksi etana dan udara sebelumnya digunakan sebagai bahan baku untuk membentuk etilen oksida, pada proses reaksi sebelumnya terdapat etana yang tidak terkonversi semuanya. Etana yang tidak dapat terkonversi ini dapat digunakan sebagai inert gas yang akan menggantikan fungsi dari metana atau nitrogen yang menjadi inert gas. Katalis yang digunakan pada proses ini adalah perak, reaksi pembuatan etilen oksida ini berlangsung pada temperatur 200-300°C dan tekanan berkisar 1-10 atm, mekanisme reaksinya:

Reaksi utama :



Reaksi samping :



Adapun keuntungan dan kekurangan proses pembuatan etilen oksida diatas, hal ini dapat dilihat pada tabel 1.1

Tabel 1.1 Perbandingan Proses Produksi Etilen Oksida

Metode	Keuntungan	Kekurangan
Oksidasi Etilen dan Oksigen (US Patent 10035781B2)	<ul style="list-style-type: none"> • Selektivitas proses yang dihasilkan tinggi 82-90% • Konversi yang dihasilkan juga tinggi 99% 	<ul style="list-style-type: none"> • Membutuhkan CO_2 removal section
Klorohidrin (US Patent 10858328B2)	<ul style="list-style-type: none"> • Selektivitas proses yang dihasilkan 80% • Konversi yang dihasilkan 40-65% 	<ul style="list-style-type: none"> • Proses mahal karena membutuhkan klorin dalam jumlah yang cukup banyak • Pencemaran lingkungan yang serius dan korosi peralatan
Oxidizing Agent (ODH) (US Patent 0108370A1)	<ul style="list-style-type: none"> • Selektivitas proses yang dihasilkan tinggi 90% • Konversi yang dihasilkan 60-65% 	<ul style="list-style-type: none"> • Proses mahal karena penggunaan demethanizer • Proses yang cukup kompleks • Suhu yang tinggi biasanya 800-900°C

1.4. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.1. Bahan Baku

- **Etilen (C_2H_4)**

Rumus molekul	: C_2H_4
Berat molekul	: 28,0528 kg/kmol
Wujud	: gas
Berat jenis	: 0,577 g/cm ³
Titik didih	: -103,9°C

Kelarutan : Larut dalam air
 Warna : Tidak berwarna (Perry, 2008)

- **Oksigen (O₂)**

Rumus molekul : O₂
 Berat molekul : 31,999 kg/kmol
 Wujud : gas
 Berat jenis : 1,149 g/cm³
 Titik didih : -183°C
 Kelarutan : Larut dalam air
 Warna : Tidak berwarna (Perry, 2008)

- **Perak (Ag)**

Rumus molekul : Ag
 Berat molekul : 107,88 kg/kmol
 Wujud : padat
 Titik leleh : 960,5°C
 Titik didih : 1950°C
 Kelarutan : Tidak larut dalam air
 Warna : Silver (Perry, 2008)

1.4.2. Produk

Rumus molekul : C₂H₄O
 Berat molekul : 44,053 kg/kmol
 Wujud : gas
 Berat jenis : 0,899 g/cm³
 Titik didih (1 atm) : 10,8°C

Titik lebur (1 atm)	: -112,5°C
Warna	: Tidak berwarna
Titik beku	: -112,5°C
Temperature kritis	: 195,8°C
Tekanan kritis	: 91 atm
Volume kritis	: 140 ml/gmol
Kompresibilitas kritis	: 0,259
Densitas kritis	: 314 kg/m ³
Densitas cairan pada 20°C	: 876 kg/m ³
Densitas pada gas 20°C	: 2,98 g/l
Refractive index	: 1,359
Tegangan permukaan pada 20°C	: 24,5 m N/m
Kapasitas panas cairan 20°C	: 2 kJ/kg K
Kapasitas panas gas 20°C	: 1,1 kJ/kg K
Panas penguapan (25°C,101 kPa)	: 5,495 kJ/kg K
Panas pembakaran	: 29,648 kJ/kg K
Panas pembentukan gas	: 117,86 kJ/kg K
Viskositas	: 0,325

(CRC, Physical and Chemistry Handbook)