

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

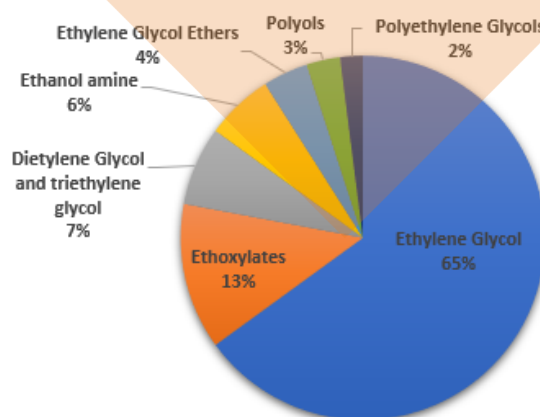
Pada tahun 2018, Kementerian Perindustrian Negara Indonesia memaparkan bahwa terdapat empat pilar utama yang akan memperkuat perekonomian Indonesia di masa depan, diantaranya teknologi, industri, inovasi dan sumber daya (Hartanto, 2018). Melalui pengembangan keempat pilar tersebut, Indonesia diharapkan mampu menjadi 10 besar negara dengan ekonomi terkuat pada tahun 2030 mendatang. Sektor industri menjadi salah satu pilar yang diharapkan terus mengalami perkembangan dari tahun ke tahun seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap bahan *intermediate* atau bahan jadi yang diproduksi oleh industri berskala besar atau pun kecil. Industri kimia menjadi salah satu industri dengan perkembangan yang cukup pesat, mengingat kebutuhan akan bahan-bahan kimia terus meningkat. Beberapa masalah yang masih menjadi kendala dalam pengembangan industri adalah tingginya nilai impor untuk bahan baku, bahan penunjang, dan bahan *intermediate*, dikarenakan industri dalam negeri belum mampu memenuhi kebutuhan masyarakat.

Salah satu bahan *intermediate* yang pemenuhannya masih bergantung pada impor adalah etilen oksida. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), nilai impor etilen oksida pada tahun 2017 mengalami peningkatan sekitar 30% jika dibandingkan dengan nilai impor tahun 2016. Hal ini menunjukkan kebutuhan etilen oksida di masyarakat meningkat dari waktu ke waktu. Mengacu pada persentase tersebut, pembangunan industri etilen oksida menjadi salah satu hal yang diharapkan mampu mengurangi ketergantungan kepada negeri-negara importir, menghemat pengeluaran devisa, dan membuka banyak lapangan pekerjaan.

Etilen oksida merupakan senyawa organik golongan eter dengan rumus molekul C_2H_4O yang merupakan hasil oksidasi langsung antara etilen dengan udara/oksigen dengan bantuan katalis perak. Etilen oksida atau dikenal dengan nama lain *Oxirane* berwujud gas tidak berwarna yang mudah terbakar dan memiliki bau yang khas. Etilen oksida larut dalam air dan pelarut organik. Etilen oksida cukup beracun baik dalam bentuk gas maupun cairan.

Produk etilen oksida yang akan diproduksi adalah produk yang sesuai dengan spesifikasi pada Sigma-Aldrich CAS number 75-21-8 yang memiliki kemurnian $\geq 99,5\%$ dengan *boiling point* pada temperatur $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan *melting point* pada $-111\text{ }^{\circ}\text{C}$ serta densitasnya sebesar $0,882\text{ gr/mL}$ pada 25°C . Etilen oksida dengan spesifikasi tersebut digunakan sebagai bahan baku dalam sintesis polyethylene oxida dan polyethyleneglycol

Berdasarkan *Global CCS Institut* etilen oksida banyak digunakan di industri kimia dan farmasi. Secara langsung, etilen oksida dapat digunakan sebagai bahan desinfektan yang efektif. Pada bidang kedokteran, etilen oksida banyak digunakan untuk mensterilkan peralatan bedah, plastik, dan alat-alat lain yang tidak tahan panas sehingga tidak dapat disterilkan dengan uap. Di bidang industri, etilen oksida digunakan secara luas sebagai bahan baku maupun bahan *intermediate*. Konsumsi terbesar etilen oksida yaitu sebesar 65% digunakan sebagai bahan baku pembuatan etilen glikol yaitu bahan yang digunakan dalam pembuatan *antifreeze*, poliester dan polietilen terephthalate (PET, bahan baku dalam pembuatan botol plastik), cairan pendingin dan juga pelarut. Konsumsi etilen oksida terbesar kedua yaitu sebanyak 13% digunakan sebagai bahan baku pembuatan *ethoxylates* yaitu bahan yang digunakan dalam pembuatan deterjen, surfaktan, emulsifier, dan dispersant. Selain itu 6% etilen oksida merupakan bahan *intermediate* dalam pembuatan sabun dan deterjen dan digunakan dalam pemurnian gas alam (produksi *ethanol amine*). Persentase penggunaan etilen oksida secara umum ditunjukkan pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Persentase penggunaan Etilen Oksida di Dunia

(Sumber : Global CCS Institute, 2018)



Hingga kini, kebutuhan Etilen Oksida di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya dengan pemenuhan kebutuhan seluruhnya berasal dari impor luar negeri. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, pembangunan pabrik Etilen Oksida di Indonesia menjadi salah satu aspek yang strategis yang diharapkan mampu mengurangi ketergantungan terhadap negara-negara importir, menghemat pengeluaran devisa, membuka banyak lapangan pekerjaan dan dapat mendorong pertumbuhan industri dalam negeri.

1.2 Analisa Pasar

Kebutuhan akan suatu produk menjadi salah satu faktor mendasar yang harus dipertimbangkan ketika akan mendirikan suatu pabrik. Salah satu langkah yang harus dipahami untuk mengetahui seberapa besar kebutuhan produk tersebut adalah dengan menganalisa keadaan pasar. Analisa ini diperlukan untuk mengetahui prospek pasar di tahun-tahun mendatang dengan perhitungan *supply and demand*. Peluang didirikannya suatu pabrik akan tinggi apabila demand lebih besar dibandingkan dengan supply. Besarnya peluang dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Supply} = \text{Demand} \dots\dots\dots \text{Pers. 1.1}$$

$$\text{Produksi} + \text{Impor} = \text{Konsumsi} + \text{Ekspor} \dots\dots\dots \text{Pers. 1.2}$$

Hingga tahun 2017, kebutuhan Etilen Oksida hanya dipenuhi oleh impor dari luar negeri karena belum adanya industri dalam negeri yang menghasilkan produk tersebut. Data statistik yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik tentang kebutuhan Etilen Oksida di Indonesia terlihat dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Impor dan Ekspor Etilen Oksida

| Tahun | Impor (Kg) | Ekspor (Kg) |
|-------|------------|-------------|
| 2011 | 40621 | 20 |
| 2012 | 44116 | 0 |
| 2013 | 74498 | 0 |
| 2014 | 79903 | 6650 |
| 2015 | 162630 | 0 |
| 2016 | 132722 | 2 |
| 2017 | 173326 | 0 |

Sumber : BPS, 2018

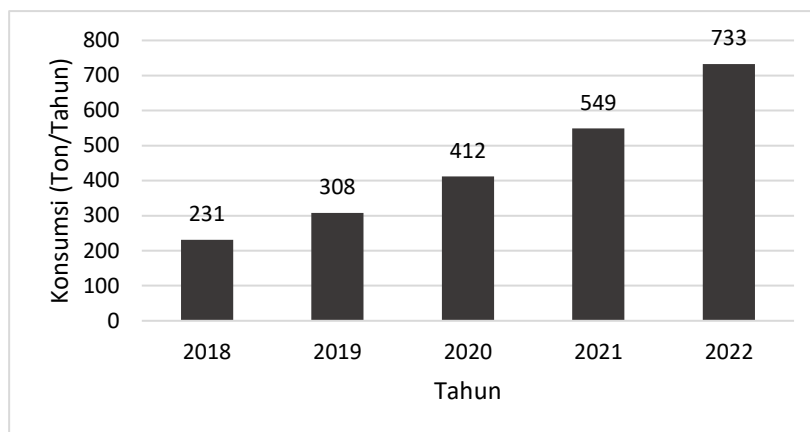


Berdasarkan data pada Tabel 1.1, dari tahun 2011 hingga tahun 2017 pemenuhan kebutuhan Etilena Oksida di Indonesia hanya berasal dari impor. Data ekspor yang tercatat pada tahun 2011 dan 2014 merupakan re-ekspor dari impor yang dilakukan, dan karena jumlahnya yang sangat kecil maka data ekspor dianggap nol. Oleh karena produksi dan ekspor Etilena Oksida bernilai nol maka jumlah konsumsi Etilena Oksida sama dengan jumlah impor Etilena Oksida. Data pertumbuhan konsumsi Etilena Oksida di Indonesia setiap tahunnya ditunjukkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Pertumbuhan Konsumsi Etilena Oksida di Indonesia

| Tahun | Jumlah (Kg/tahun) | Pertumbuhan (%) |
|-------|-------------------|-----------------|
| 2011 | 40621 | - |
| 2012 | 44116 | 8,60 |
| 2013 | 74498 | 68,87 |
| 2014 | 79903 | 7,26 |
| 2015 | 162630 | 103,53 |
| 2016 | 132722 | -18,39 |
| 2017 | 173326 | 30,59 |
| | Rata-rata | 33,41 |

Dari Tabel 1.2 terlihat bahwa dari tahun 2011 hingga 2017 pertumbuhan konsumsi Etilena Oksida bernilai fluktuatif dengan rata-rata pertumbuhan Etilena Oksida yang didapatkan adalah sekitar 33,41%. Dengan nilai pertumbuhan ini didapatkan proyeksi konsumsi Etilena Oksida hingga tahun 2022 seperti yang diperlihatkan pada Grafik 1.1. Dari grafik tersebut didapatkan konsumsi Etilena Oksida di Indonesia pada tahun 2022 adalah sebesar 732519,22 kg/tahun atau 732,52 ton/tahun.



Gambar 1.2 Proyeksi Konsumsi Etilena Oksida di Indonesia

Tidak hanya di Indonesia, di negara-negara lainpun Etilena Oksida menjadi salah satu produk yang penggunaannya semakin meningkat mengingat industri *upstream* dari Etilena Oksida seperti Etilena Glikol yang juga terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun.

Tabel 1.3 Data Impor Etilena Oksida di beberapa Negara

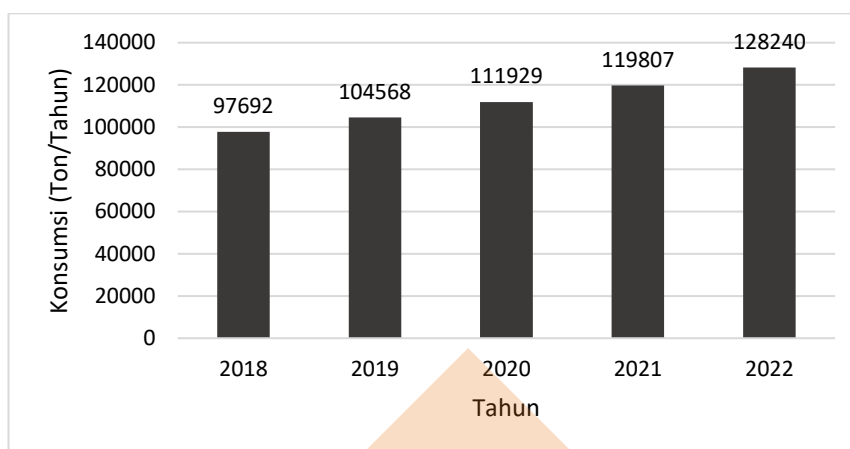
| Negara | Impor Etilena Oksida (ton/tahun) | | | | | | | pertumbuhan rata-rata (%) |
|------------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------------------------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | |
| Malaysia | 814 | 560 | 670 | 1.377 | 1.031 | 1.102 | 1.075 | 7,04 |
| Filipina | 393 | 73 | 59 | 64 | 22 | 175 | 410 | |
| Singapura | 311 | 308 | 314 | 314 | 328 | 264 | 278 | |
| India | 56 | 53 | 19 | 43 | 65 | 160 | 82 | |
| Korea Selatan | 10 | 27 | 35 | 62 | 45 | 56 | 63 | |
| Belgia | 52.565 | 47.783 | 41.749 | 57.288 | 72.946 | 70.225 | 64.687 | |
| Belanda | 10.598 | 12.684 | 9.463 | 20.771 | 10.355 | 16.488 | 14.132 | |
| Polandia | 1.613 | 7.145 | 8.721 | 9.581 | 9.639 | 14.733 | 10.541 | |
| Total Impor | 66.359 | 68.632 | 61.029 | 89.501 | 94.431 | 103.203 | 91.267 | |
| Pertumbuhan /tahun (%) | - | 3,43 | -11,08 | 46,65 | 5,51 | 9,29 | -11,57 | |

Sumber : United Nation Statistic Databased, 2018

Tabel 1.3 memperlihatkan pertumbuhan nilai impor Etilena Oksida di beberapa Negara di Asia dan Eropa dari tahun 2011 sampai 2017, terlihat bahwa rata-rata nilai impor Etilena Oksida mengalami peningkatan sekitar 7,04% sehingga didapatkan proyeksi kebutuhan Etilen Oksida pada tahun 2022 adalah sebesar 128.240 ton. Hal ini menjadi peluang ekspor untuk negara-negara lain yang



memproduksi Etilen Oksida. Grafik proyeksi kebutuhan Etilen Oksida di beberapa Negara ditunjukkan pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Proyeksi Konsumsi Etilen Oksida di Beberapa Negara

1.3 Penentuan Kapasitas

Kapasitas produksi merupakan jumlah output yang dapat diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Pabrik akan menentukan kapasitas produksi optimum dimana jumlah produk yang dihasilkan dapat memberikan keuntungan yang maksimum dengan biaya produksi yang minimum. Dalam penentuan kapasitas pabrik, terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu konsumsi produk di pasaran pada tahun pabrik beroperasi dan kapasitas terpasang dari pabrik-pabrik yang aktif memproduksi Etilen Oksida. Data kapasitas terpasang tersebut akan dijadikan gambaran kapasitas minimal dan dijadikan asumsi bahwa kapasitas terpasang tersebut telah melalui uji kelayakan, memiliki nilai ekonomis, dan jika sudah beroperasi maka akan menguntungkan. Tabel 1.4 memperlihatkan data kapasitas terpasang dari pabrik-pabrik Etilena Oksida di dunia.

Tabel 1.4 Data Kapasitas Terpasang Pabrik Etilena Oksida di Dunia

| Perusahaan | Lokasi | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|--------------|-----------------------|-----------------------|
| Akzo Nobel | Stenungsund, Sweden | 100.000 |
| AO Orgsintez | Kazan, Rusia | 80.000 |
| BASF | Antwerp, Belgium | 500.000 |
| | Ludwigshafen, Germany | 345.000 |

| | | |
|-----------------------|------------------------|---------|
| Clariant | Gendorf, Germany | 220.000 |
| Dow Chemical | Temeuzen, Netherlands | 165.000 |
| INEOS | Antwerp, Belgium | 420.000 |
| | Domagen, Germany | 290.000 |
| | Laver, France | 220.000 |
| IQA | Tarragona, Sapain | 120.000 |
| Nizhnekamsk-neftekhim | Nizhnekamsk, Russia | 270.000 |
| PKN Orlen | Plock Poland | 115.000 |
| Sasol | Marl Grmany | 215.000 |
| Shell Chemicals | Moerdjik, Nethetrlands | 305.000 |
| SIBUR Neftekhim | Dzerzhisnks, Rusia | 240.000 |

Sumber : ICIS Chemicals Business, 2011

Dari Tabel 1.4 diketahui bahwa kapasitas terpasang maksimum adalah 500.000 ton/tahun dan kapasitas minimum 80.000 ton/tahun. Kapasitas minimum merupakan kapasitas ekonomis yaitu kapasitas terendah dari pabrik Etilena Oksida yang sedang beroperasi dimana pada kapasitas ini diperkirakan pabrik akan terhindar dari kerugian akibat tingginya biaya produksi. Kapasitas suatu pabrik yang akan didirikan harus sama atau lebih besar dari kapasitas ekonomis. Berdasarkan uraian diatas, dengan mempertimbangkan peluang dan kebutuhan pasar akan Etilena Oksida di Indonesia maupun peluang ekspor ke negara-negara lainnya maka pabrik akan beroperasi dengan kapasitas 96.000 ton/tahun sehingga mampu memenuhi 75% kebutuhan Etilen Oksida.

1.4 Perencanaan Pendirian Pabrik

Pabrik Etilen Oksida akan mulai beroperasi pada tahun 2022 dengan pertimbangan waktu perancangan dan pembangunan selama 3 tahun dari 2019 – 2021. Pabrik Etilen Oksida akan didirikan di Kawasan Krakatau Industrial Estate Cilegon. Penentuan lokasi merupakan hal penting pada pendirian suatu pabrik. Strategi dalam pemilihan lokasi tidak bisa diabaikan karena akan mempengaruhi keberlangsungan proses produksi dan penjualan produk. Beberapa faktor menjadibahkan pertimbangan dalam penentuan lokasi dilihat dari segi keteknikan



dan ekonomis. Faktor tersebut harus memberikan keuntungan dalam jangka waktu yang lama seperti untuk investasi di masa depan, misal dalam peningkatan kapasitas produksi. Beberapa faktor yang mendasari pemilihan lokasi pabrik antara lain :

1.4.1 Faktor Primer

a. Ketersediaan Bahan Baku

Cilegon merupakan kawasan industri untuk industri kimia dan manufaktur. Pabrik etilen oksida akan didirikan dengan menggunakan bahan baku gas etilen yang berasal dari PT. Chandra Asri Petrochemical dengan kapasitas produksi gas etilen sebesar 860.000 ton/tahun (Public Expose PT. Chandra Asri, 2019). Jumlah tersebut mampu memenuhi kebutuhan bahan baku etilen untuk proses produksi etilen oksida yang diperkirakan membutuhkan bahan baku gas etilen sebesar 5.800 ton/tahun. Selain itu, pemenuhan kebutuhan bahan baku bisa berasal dari impor, mengingat jarak kota Cilegon yang tidak jauh dengan pelabuhan. Penempatan lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku ini akan menurunkan biaya transportasi dan penyimpanan.

b. Pemasaran Produk

Suatu pabrik atau industri didirikan karena adanya permintaan akan produk yang dihasilkan. Apabila pabrik didirikan dekat dengan lokasi pemasaran, maka produk cepat sampai tujuan sehingga akan mempengaruhi harga produk agar bisa bersaing dengan barang sejenis. 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 PT Polychem Indonesia Tbk. yang memproduksi etilen glikol. Selain itu, kota Cilegon mudah diakses oleh konsumen karena akses transportasi yang memadai, mulai dari pelabuhan dan jalan raya, sehingga memudahkan pengiriman produk.

c. Fasilitas Transportasi

Cilegon berada dalam jalur transportasi Merak-Jakarta, yang merupakan pintu gerbang pulau Jawa dari Sumatera. Lokasi pabrik KIEC (Krakatau Industrial Estate Cilegon) 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 besar. Posisi ini sangat strategis untuk memudahkan pengiriman antar-pulau.

1.4.2 Faktor Sekunder

a. Utilitas

Sarana utilitas berperan sebagai pendukung untuk kelangsungan proses produksi seperti listrik, air, bahan bakar, dan *steam*. Wilayah cilegon dekat dengan PLTU Suralaya yang memasok kebutuhan listrik Jawa-Bali sebesar 27,2%. Selain listrik di Cilegon, terdapat pabrik yang memasok air industri di kota Cilegon, yaitu Krakatau Tirta Industri. Krakatau Tirta Industri pada tahun 2018 menambah produksinya dengan membangun Waduk Pasauran dan WTP Cidanau sehingga jaminan ketersediaan air dinilai baik.

b. Tenaga Kerja

Pulau Jawa, khususnya provinsi Banten, merupakan daerah dengan kepadatan penduduk yang cukup tinggi sehingga penyediaan tenaga kerja, baik tenaga kerja terlatih maupun kasar tidak akan menjadi masalah. Selain itu, penyediaan tenaga ahli juga akan lebih mudah karena berdekatan dengan ibu kota negara dan banyak perguruan tinggi hadir di Kota Cilegon dan sekitarnya yang mampu menyediakan tenaga kerja yang kompeten.

c. Ekspansi dan Perluasan

Kota Cilegon khususnya Kawasan Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) cukup luas dan masih memiliki banyak lahan yang tersedia yang memungkinkan untuk perluasan pabrik atau ekspansi di masa yang akan datang.



d. Peraturan Pemerintah

Berdasarkan Peraturan Presiden no 2 tahun 2018 kota Cilegon termasuk wilayah yang dikembangkan untuk industri kimia, sehingga akan memudahkan perijinan untuk pendirian pabrik Etilen Oksida di kota Cilegon.

Berdasarkan faktor primer dan sekunder di atas, maka Kawasan Krakatau Industrial Estate Cilegon menjadi lokasi yang tepat untuk mendirikan Pabrik Etilen Oksida. Lokasi ini terletak di Kota Cilegon, Banten, di bagian paling barat Pulau Jawa yang berbatasan dengan Selat Sunda. Gambar 1.2 memperlihatkan lokasi pendirian Pabrik Etilen Oksida.



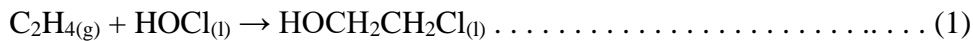
Gambar 1.4 Lokasi Pendirian Pabrik Etilen Oksida

1.5 Proses Komersial Pembuatan Etilen Oksida

Secara komersial, terdapat dua proses produksi Etilen Oksida yang pernah digunakan yaitu proses klorohidrin dan proses oksidasi langsung. Pada tahun 1914, Etilen Oksida diproduksi pada skala besar dengan menggunakan proses klorohidrin sementara proses oksidasi langsung baru ditemukan pada tahun 1931 oleh Leffort. Hingga saat ini, proses klorohidrin telah digantikan sepenuhnya dengan proses oksidasi langsung

1.5.1 Pembentukan Etilen Oksida dengan Proses Klorohidrin

Proses klorohidrin merupakan proses pertama pembuatan etilen oksida. Proses klorohidrin terdiri atas dua reaksi utama yaitu reaksi antara etilen dengan asam hipoklorat untuk membentuk klorohidrin. Reaksinya :



Selanjutnya klorohidrin akan beraksi dengan basa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ untuk membentuk etilen oksida.



Proses pertama yaitu proses klorohidrin berlangsung dalam reaktor packed tower pada temperatur 27 – 43°C dan tekanan 2 – 3 atm dengan yield yang dihasilkan sekitar 85 – 90%. Untuk menghindari pembentukan produk samping (etilen diklorida, dikloro dietil eter, dsb) konsentrasi klorohidrin pada reaksi klorohidridasi dijaga pada konsentrasi 7%wt.

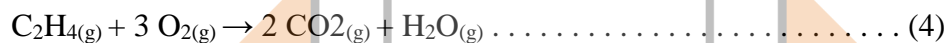
Tahap kedua dalam pembentukan etilen oksida dengan proses klorohidrin adalah dehidroklorinasi, yang berlangsung dengan penambahan 10 %wt slurry $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada larutan klorohidrin. Campuran tersebut kemudian dipanaskan pada temperatur dibawah 100°C dalam hydrolyzer yaitu sebuah tangki berbentuk silinder yang dilengkapi dengan parsial kondenser yang beroperasi pada tekanan atmosferis.

Reaksi klorohidrin dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menghasilkan etilen oksida bersama dengan sedikit produk samping dan juga air. Etilen oksida dalam bentuk uap yang dihasilkan pada reaksi ini akan melewati pendingin dan akan terkondensasi sebagian yang kemudian akan diumpankan ke bagian fraksinasi. Pemurnian dari campuran etilen oksida yang dihasilkan agak sulit, yang mana membutuhkan beberapa kolom distilasi yang disusun seri.

Proses klorohidrin sudah tidak digunakan lagi secara komersil untuk memproduksi etilen oksida karena sebagian besar klorin yang dipakai akan membentuk kalsium klorida (CaCl_2) dan produk samping yang mengandung klorin. Hal ini menyebabkan proses menjadi tidak efisien dan juga menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Secara ekonomi, proses klorohidrin memiliki biaya produksi 3 – 4 kali lebih besar dibandingkan produksi etilena oksida dengan menggunakan proses oksidasi langsung (Perzon, 2015)

1.5.2 Pembentukan Etilen Oksida dengan Oksidasi Langsung

Etilen Oksida diproduksi secara komersil menggunakan proses oksidasi langsung (*direct oxidation*) mulai dikembangkan pertama kali oleh *Carbide and Carbon Chemicals Corp* pada tahun 1937 dengan bahan baku etilen dan udara (Perzon, 2015). Hingga pada akhir tahun 1950 proses ini mulai menggantikan proses hidroklorin dalam pembuatan Etilen Oksida. Dasar pembuatan Etilen Oksida dengan menggunakan proses oksidasi langsung, didasarkan pada proses yang ditemukan oleh Lefort pada tahun 1931 (Perzon, 2015). Proses oksidasi langsung etilen menjadi etilen oksida berlangsung pada fasa gas dengan menggunakan katalis perak pada suhu 220 – 300°C dan tekanan 10 – 30 bar yang menghasilkan produk samping diantaranya karbon dioksida dan air. Reaksi yang terjadi diantaranya :



Selain itu terjadi reaksi samping dengan jumlah yang sedikit diantaranya :



Proses oksidasi langsung terbagi menjadi proses dengan bahan baku udara (*air based processes*) dan proses dengan bahan baku oksigen (*oxygen based processes*). Penjelasan antara kedua proses tersebut yaitu :

a. Proses Oksidasi dengan Udara (*Air Based Plant*)

Pada proses oksidasi langsung dengan udara, dengan komposisi udara yaitu 21% oksigen dan 79% nitrogen menyebabkan nitrogen menjadi komponen mayor pada reaksi campuran gas. Nitrogen merupakan gas inert yang dapat berfungsi sebagai diluen yang dapat mengurangi eksplosivitas dan juga berfungsi sebagai pendingin selama reaksi (McKetta, 1984).

Dengan digunakan udara yang kadar pengotornya masih cukup tinggi, dibutuhkan suatu unit purging untuk mengurangi akumulasi gas inert yang ada di reaktor. Pada proses ini didapatkan selektivitas sebesar 65-75%. Kekurangan

dari proses ini dapat dilihat dari jumlah gas etilen yang hilang bersama dengan gas inert (N_2) menyebabkan capital cost untuk proses ini lebih besar. Selain itu penggunaan udara membutuhkan air compressing dan air purifying (treatment) unit (Weissermel and Arpe, 1997).

b. Proses Oksidasi dengan Oksigen (*Oxygen Based Plant*)

Pada proses oksidasi langsung dengan oksigen, dibutuhkan oksigen teknis dengan kemurnian yang tinggi. Perbandingan oksigen dan gas etilen yang digunakan dalam umpan adalah 6-8% (vol) dan 20-30% (vol). Proses dengan menggunakan oksigen memiliki selektivitas yang lebih besar jika dibandingkan dengan menggunakan udara yaitu berkisar antara 70 – 80%. Proses ini hanya menggunakan satu unit reaktor sehingga kebutuhan katalis untuk reaktor lebih sedikit.

Proses ini memerlukan penambahan diluen seperti nitrogen atau metana untuk mencegah eksplosivitas reaksi oksidasinya. Selain itu, karena dihasilkannya gas karbon dioksida sebagai produk samping maka diperlukan lebih banyak alat dengan bahan baku stainless steel dan beberapa alat instrument dengan biaya investasi yang mahal.

1.6 Pemilihan Proses

Etilen Oksida dapat diproduksi secara komersil dengan proses klorohidrin dan proses oksidasi langsung. Proses klorohidrin sudah sejak lama tidak digunakan karena tidak ekonomis sehingga proses oksidasi langsung menjadi satu-satunya proses yang digunakan untuk pembuatan Etilen Oksida. Beberapa paten untuk pembuatan etilen oksida dengan proses oksidasi langsung diantaranya :

1.6.1 Deskripsi Paten US 2018/1034781 (2018)

Proses produksi etilen oksida ini mengacu pada paten US 2018/1034781 B2. Proses pembentukan etilen oksida dibagi menjadi tiga bagian proses, yaitu *reaction system*, *purification system* dan *carbon dioxide gas system*. Untuk memproses etilen oksida, reaksi oksidasi etilen dengan oksigen dari udara berlangsung dalam reaktor *fixbed multitube* dengan bantuan katalis



perak pada tekanan 10-30 bar dan tempertur 200–300 °C. Pada paten US 2015/0080590A1, disebutkan bahwa konversi etilen dipertahankan pada rentang 10 - 60% agar tidak perlu penambahan *ballast* gas ke reaktor oksidasi.

Produk gas yang dihasilkan akan dialirkan menuju bagian *bottom* kolom absorpsi dan dikontakkan dengan air sebagai absorber secara *counter-current*. Sebesar 99% berat etilen oksida yang ada pada aliran gas, terabsorpsi bersama dengan gas lainnya. Proses absorpsi berlangsung pada tekanan 10-30 bar, suhu 20–80 °C rasio laju alir molar (L/V) 0.3 – 2.0 dan *space linear velocity* (GHSV[STP]) dari produk gas pada kondisi standar 400 – 6000/h. Produk gas yang tidak terabsorpsi akan keluar melalui *top* kolom absorpsi untuk di-*recycle* ke reaktor dan menuju *carbon dioxide gas system*.

Keluaran *top* kolom absorpsi dialirkan menuju kolom absorpsi CO₂, proses absorpsi berlangsung pada suhu 80–120 °C dan 5 – 40 bar, di mana absorber berupa cairan alkali yang dialirkan dari bagian *top* kolom. Absorber yang kaya akan CO₂ dialirkan menuju *top* kolom stripper melalui *bottom* kolom absorpsi dengan tekanan 0.1 – 5 bar, sementara tekanan kolom CO₂ *stripper* 0.1 – 0.15 bar. Perbedaan tekanan ini akan membuat CO₂ dalam absorber terpisah dan dialirkan menuju *exhaust*.

Keluaran pada bagian *bottom* dari kolom absorpsi etilen oksida masuk ke kolom stripper etilen oksida untuk dipisahkan antara *absorber* berupa air dan etilen oksida beserta gas hasil reaksi lainnya.

Keluaran *bottom* kolom *stripper* etilen oksida dikembalikan ke kolom absorpsi etilen oksida yang sebelumnya ditambahkan *fresh water*. *Top* produk *stripper* etilen oksida dialirkan menuju kolom dehidrasi untuk mengurangi kadar air dalam aliran gas produk. *Top* produk dari kolom dehidrasi dialirkan menuju kolom *light-end stripper*, di mana etilen oksida akan keluar sebagai produk *bottom* dengan kemurnian etilen oksida 99,97% dan dialirkan kembali menuju kolom rafinasi/purifikasi etilen oksida di mana etilen oksida dengan kemurnian hampir 100% keluar sebagai produk



atas yang kemudian dikondensasi untuk disimpan dalam bentuk cair di tangki.

1.6.2 Deskripsi Paten US 2015/9139544 (2015)

Proses produksi etilen oksida ini mengacu pada paten US 9,139,544 B2. Proses pembentukan etilen oksida yang terjadi berdasarkan paten ini dibagi atas dua proses pembentukan, yaitu proses pembentukan etilen dan proses pembentukan etilen oksida. Proses pembentukan etilen menghasilkan produk etilen yang kemudian akan dioksidasi menjadi etilen oksida.

Aliran etilen yang digunakan untuk proses oksidasi masih mengandung etana, hal ini dilakukan karena pemisahan seluruh etana dari aliran produk etilen memerlukan biaya dan energi tinggi, sehingga aliran etilen yang akan dioksidasi dibiarkan masih mengandung etana.

Aliran umpan masuk ke proses pembentukan etilen (oksidehidrogenasi etana) berlangsung pada suhu 200-500°C dan tekanan 1-10 bar dengan konversi pembentukan etilen 10-60%, yang menghasilkan campuran etilen dan etana. Aliran ini kemudian masuk ke unit pemisah (*splitter*). *Splitter* ini untuk memisahkan etilen dengan etana dengan konsep distilasi. Pemisahan berlangsung pada suhu -25 hingga -30 °C dan tekanan 17-25 bar. Distilasi yang terjadi memiliki lebih sedikit *stage* dibandingkan tahap pemisahan total etana dari aliran produk etilen.

Jika pada pemisahan total digunakan *splitter* dengan *stage* sebanyak 120 *stage* distilasi, pada proses ini *stage* dapat dikurangi hingga 20%-nya atau sekitar 90-100 *stage*. Dari *splitter* ini kemudian didapat dua aliran produk. Aliran pertama adalah aliran campuran etana dan etilen dengan jumlah etilen lebih besar, diharapkan 60-80% etilen dan 20-40% etana. Aliran kedua adalah aliran campuran etana dan etilen dengan jumlah etana lebih besar, diharapkan 60-80% etana dan 20-40% etilen. Aliran kedua ini akan di-*recycle* ke proses pembentukan etilen, sementara aliran pertama akan dilanjutkan ke proses oksidasi etilen menjadi etilen oksida.

Aliran kedua dioksidasi menggunakan *oxidizing agent* berupa oksigen dengan kemurnian 99%. Proses oksidasi berlangsung pada rentang suhu 200-300 °C dan tekanan 10-30 bar. Proses oksidasi ini menghasilkan etilen oksida serta etilen, etana, dan karbon dioksida yang tidak bereaksi dengan konversi etilen sebesar 15,2%. Aliran ini masuk ke unit pemisahan etilen oksida. Etilen dan etana yang tidak bereaksi dapat di-*recycle* dan digunakan kembali dan karbon dioksida dihilangkan.

1.6.3 Seleksi Proses

Seleksi proses yang dipilih berdasarkan pada bahan baku, kondisi proses dan metode yang digunakan. Berdasarkan uraian dari paten US 9139544B2 dan US 10035781B2 terdapat perbedaan antara satu sama lainnya. Perbandingan kedua paten tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Perbandingan Proses serta Kondisi Operasi Pembentukan Etilen Oksida

| Aspek | Paten US9139544B2 (2015) | Paten US10035781B2 (2018) |
|-----------------|--|---|
| Bahan baku | Etilen, etana, oksigen | Etilen, oksigen |
| Reactor | Reaksi <i>oxydehydrogenation</i> : Reaksi etilen oksida : <i>multitube</i> | <i>Multitube</i> |
| Kondisi operasi | a. Reaksi <i>oxydehydrogenation</i> : P : 1 – 10 bar T : 200-500 °C b. Reaksi EO : P : 10 – 30 bar T : 200 – 300 °C | a. Reaktor <i>multitube</i> P : 10 – 30 bar T : 200 – 300 °C |
| Purifikasi | - <i>splitter</i> etilen/etana (Destilasi) T : -25 s/d -30 °C P : 17 – 25 bar | - Kolom absorpsi P : 10 – 30 bar T : 20 – 80 °C - tahap <i>stripping</i> T _{top} : 85-120 °C |



| | | |
|----------|---|---|
| | - Unit pemisahan etilen/ <i>stripper</i> | P : 0.3 – 0.6 bar T _{bottom} : 100-130 °C - tahap dehidrasi - tahap pemisahan fraksi ringan |
| Katalis | Perak | Perak |
| Konversi | 15,2 % | 10 – 60 % |

Proses pada Paten US9139544B2 memiliki rentang suhu operasi yang terlalu lebar, saat proses pembuatan etilen oksida, suhu di rentang 200 hingga 500°C. Sementara saat pemisahan etilen dan etana, sebelum masuk ke reaktor oksidasi etilen, suhu operasi di rentang -25 hingga -30 °C. Perbedaan suhu ini, mengakibatkan dibutuhkannya pendingin dalam jumlah besar (tambahan alat penukar panas) untuk menyesuaikan kondisi produk. Proses purifikasi pada Paten US10035781B2 terbagi menjadi empat tahap, yaitu *stripping*, dehidrasi, pemisahan fraksi ringan, dan pemisahan fraksi berat. Keempat tahap purifikasi ini berlangsung pada tekanan 2 hingga 40 bar dan suhu 20 hingga 80°C, sehingga tidak dibutuhkan unit penukar panas tambahan. Dengan demikian proses yang dipilih adalah proses pada Paten US10035781B2, dikarenakan:

1. Bahan baku (umpan) tersedia di Indonesia
2. Pada Patent US10035781B2 hanya diperlukan satu unit reaktor sehingga biaya konstruksi lebih rendah.
3. Pada Patent US10035781B2 konversi reaksi lebih besar yaitu 60%
4. Pada Patent US10035781B2 rentang suhu lebih rendah sehingga tidak diperlukan banyak media untuk pertukaran panas.