

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia khususnya industri kimia terus berkembang. Industri kimia yang berkembang cukup baik di Indonesia adalah industri petrokimia. Industri petrokimia menghasilkan produk-produk strategis yang digunakan pada industri-industri berikut seperti tekstil, plastik, karet sintetis dan industri lainnya. Oleh karena itu dukungan Perkembangan industri petrokimia memerlukan adanya industri yang menghasilkan bahan baku dan bahan penolong. Sejauh ini, sebagian besar bahan baku dan bahan Subsidi didatangkan dari luar negeri, oleh karena itu perlu dikembangkan industri kimia baru untuk mengurangi ketergantungan terhadap produk impor. Salah satu bahan kimia yang belum terpenuhi kebutuhannya di Indonesia adalah etilen oksida.

Etilen oksida (oksiran atau epoksietilen) adalah senyawa organik dengan rumus molekul C_2H_4O dan merupakan eter siklik paling sederhana dan terdiri dari dua gugus alkil yang terikat pada atom oksigen dalam bentuk siklik (bulat) (Othmer, 1979). Etilen oksida adalah gas yang mudah terbakar dan tidak berwarna dengan aroma manis dan halus dalam konsentrasi tinggi. Bahan kimia ini digunakan sebagai 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 oksidadisinfektan atau alat sterilisasi untuk mensterilkan instrumen bedah, membunuh bakteri atau mikroorganisme pada makanan.

Sehingga untuk memenuhi kebutuhannya, Indonesia mengimpor etilen oksida dari negara lain. Dari data BPS, kebutuhan etilen oksida di Indonesia selama ini dipenuhi dengan 2 cara impor dari Amerika Serikat, China, Malaysia, Singapura, Belgia, dan India (Badan Pusat Statistik, 2023). Kebutuhan etilen oksida di dunia seperti Belgia, Australia, Costa Rica, Argentina, Kanada dan beberapa negara pada tahun 2022 Sangat tinggi, sehingga memiliki potensi untuk

melakukan ekspor.

Oleh sebab itu, berdasarkan uraian diatas maka pabrik etilen oksida perlu didirikan di Indonesia dengan berbagai pertimbangan, yaitu dapat memenuhi kebutuhan etilen oksida dalam negeri dan menurunkan ketergantungan impor, menambah devisa negara dari sektor industri dengan adanya pajak dan ekspor produk, membuka lapangan kerja baru sehingga dapat menurunkan tingkat pengangguran, memacu pengembangan industri-industri baru yang berbahan baku etilen oksida dan meningkatkan sumber daya manusia dengan proses alih teknologi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari prarancangan pabrik ini sebagai berikut :

1. Apakah pabrik Etilen oksida (*Oxirane*) dengan proses *celanase* layak didirikan?
2. Apakah pendirian pabrik Etilen oksida (*Oxirane*) dapat memenuhi kebutuhan didalam negeri maupun diluar negeri?

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Tujuan pra rancangan pabrik Etilen oksida dengan proses *celanase*:

1. Untuk memperoleh gelar sarjana teknik.
2. Untuk menganalisis pra rancangan pabrik Etilen oksida dengan proses *celanase* dapat memenuhi kapasitas 150.000 ton/tahun.
3. Untuk menganalisis kelayakan pendirian pabrik Etilen Oksida dengan proses *celanase* sehingga dapat memenuhi kebutuhan industri baik dalam negeri maupun luar negeri.

1.4 Manfaat Prarancangan Pabrik

Adapun manfaat pendirian pabrik Etilen oksida (*Oxirane*) adalah:

1. Memberi gambaran informasi rancangan pabrik pembuatan Etilen oksida (*Oxirane*) dari etilen dan oksigen dengan proses *celanase* dengan kapasitas ton/tahun.
2. Dapat menganalisis kelayakan pabrik tersebut.
3. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri akan Etilen oksida (*Oxirane*) dan

memberikan kesempatan bagi industri-industri lain yang menggunakan Etilen oksida (*Oxirane*).

1.5 Batasan Masalah

Prarancangan pabrik Etilen oksida (*Oxirane*), penyusun membatasi pada pemilihan bahan baku utama yaitu etilen menggunakan proses *celanase*, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, tugas khusus, unit utilitas, kapasitas prarancangan pabrik, analisa ekonomi, aspen hysys, autodesk P&ID.

1.6 Kapasitas Prarancangan Pabrik

Kapasitas produksi pabrik berpengaruh pada perhitungan ekonomis dan teknis dalam perancangan pabrik. Semakin besar kapasitas produksinya, maka kemungkinan keuntungannya juga semakin besar. Penentuan kapasitas rancangan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu :

1.6.1 Data Kebutuhan Pasar Etilen Oksida di Indonesia

Kapasitas produksi etilen oksida harus ditentukan berdasarkan proyeksi kebutuhan etilen oksida di Indonesia yang didapatkan berdasarkan data impor, ekspor, dan produksi etilen oksida di Indonesia beberapa tahun terakhir. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, maka diperoleh data yang ditunjukkan pada Tabel 1.1.

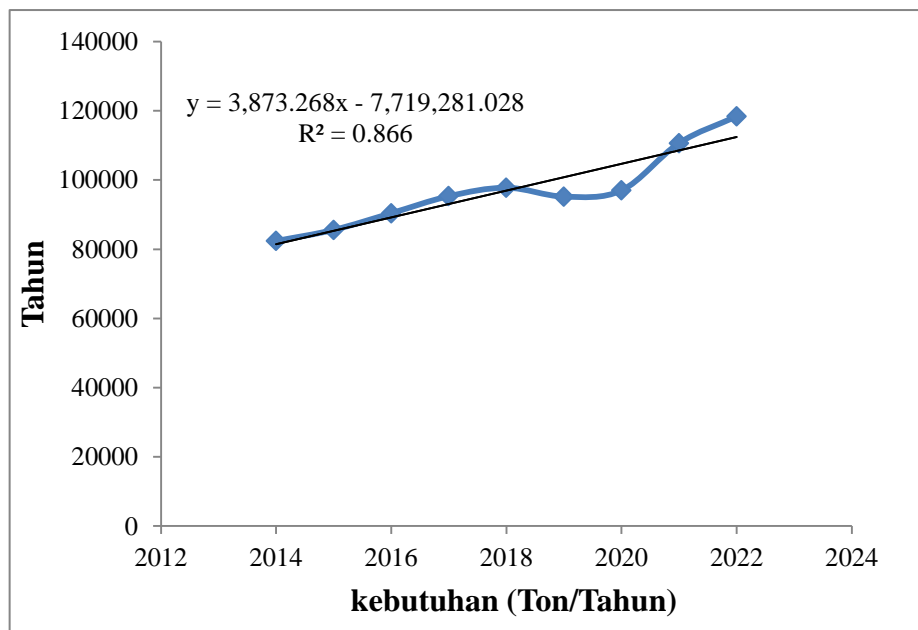
Tabel 1.1 Kebutuhan Impor Etilen Oksida di Indonesia (BPS Indonesia, 2023).

Tahun	Kebutuhan (Ton/Tahun)
2014	82386,652
2015	85585,229
2016	90409,228
2017	95319,988
2018	97779,251
2019	95204,407
2020	96998,159
2021	110674,374
2022	118403,24

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023).

Berdasarkan data dari Tabel 1.1, kebutuhan etilen oksida dari tahun 2014

hingga tahun 2022 cenderung fluktuatif. Pabrik etilen oksida direncanakan akan mulai didirikan pada tahun 2026, dengan waktu pembangunan pabrik 2 tahun dan diharapkan pabrik dapat beroperasi pada tahun 2028. Proyeksi kebutuhan etilen oksida perlu dilakukan sehingga dapat memprediksi kebutuhan etilen oksida dalam 10 tahun kedepan, dimulai dari tahun 2028 hingga tahun 2038. Proyeksi kebutuhan etilen oksida dapat diperoleh menggunakan persamaan Regresi Linear pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kebutuhan Etilen Oksida di Indonesia tahun 2012-2024

Dari Gambar 1.1 kebutuhan etilen oksida dari tahun 2011 hingga 2024 bisa didapatkan dalam bentuk persamaan linear yang bisa digunakan untuk memprediksi jumlah kebutuhan di masa mendatang. Persamaan linear kebutuhan etilen oksida di Indonesia adalah $y = 3,873.268x - 7,719,281.028$, dengan keterangan y adalah proyeksi konsumsi etilen oksida di Indonesia dalam ton dan x adalah tahun konsumsi. Pada Gambar 1.1, pada tahun 2019 – 2020 terjadi penurunan jumlah impor etilen oksida dari sebelumnya. Selanjutnya pada tahun 2021, jumlah impor etilen oksida kembali meningkat. Dari persamaan tersebut dapat diprediksikan akan meningkat untuk tahun yang akan datang dari proyeksi kebutuhan etilen oksida pada tahun 2024 sampai 2028 yang dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Dari kurva di atas didapatkan persamaan garis lurus $y = 3,873.268x - 7,719,281.028$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0,866$. Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan etilen oksida dalam negeri pada tahun 2028 mendatang dapat dilihat pada Tabel 1.2.

$$y = 3,873.268x - 7,719,281.028$$

$$y = 3,873.268 (2028) - 7,719,281.028$$

$$y = 135.706,476 \text{ Ton/tahun}$$

Tabel 1. 2 Proyeksi Kebutuhan dan Kontribusi Pabrik terhadap Kebutuhan Etilen Oksida di Indonesia Tahun 2024-2028.

Tahun	Kebutuhan (Ton/Tahun)
2024	120213,404
2025	124086,672
2026	127959,94
2027	131833,208
2028	135706,476

Penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan ini dipengaruhi oleh kapasitas pabrik sejenis yang sudah beroperasi. Berikut ini adalah perusahaan – perusahaan yang menghasilkan etilen oksida terdapat pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Kapasitas Pabrik Etilen Oksida yang Telah Ada

Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Prima Ethycolindo, Indonesia	22.000
AkzoNobel, Stenungsund, Sweden	100.000
Kazanorgsintez, Kazan, Russia	80.000
Eastman Chemical,Longview, Texas, US	105.000
BASF, Geismar, Louisiana, US	220.000
Dow Chemical, Prentiss, Canada	250.000
BP Chemicals, United Kingdom	25.000
Sunolin, US	45.000
Shell Chemicals, Louisana, US	420.000
Anic, Italia	40.000

(Sumber : *Independent Chemical Information Service Plants and Project* (Mc. Ketta,1976)).

Berikut ini adalah data-data kapasitas pabrik yang telah beroperasi sebagai

penghasil etilen oksida di dunia pada tahun 2018-2022 dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1. 4 Data Produksi Pabrik Etilen Oksida Beserta Kapasitas di Dunia

Negara	2022	2021	2020	2019	2018
Argentina	74.168	63.446	66.512	71.675	60.596
Australia	113.231	122.922	124.759	92.344	126.596
Belgia	50.577.335	73.567,256	80.002,636	69.899,118	60.974,523
Canada	277.658	19.664,7	88.532	85.177	205.883
Costa Rica	193.557	19.241,5	176.296	170.833	159.545

Kebutuhan etilen oksida di dalam negeri untuk tahun 2028 dapat diperkirakan dengan cara ekstrapolasi hasilnya 135.706,476 Ton/Tahun. Sementara itu produksi *etilen oxida* di Indonesia hanya dilakukan oleh PT Prima Ethycolindo, Indonesia dengan kapasitas 22.000 Ton/Tahun. Sedangkan kebutuhan *etilen oxida* di luar negeri berada pada kisaran 50.000–280.000 Ton/Tahun. Untuk membantu memenuhi kebutuhan *etilen oxida* dalam negeri dan luar negeri, maka diambil 150.000 Ton/Tahun. Hal ini didasarkan pada kapasitas pabrik-pabrik yang sudah beroperasi maupun yang sedang dalam tahap pembangunan di berbagai negara juga kebutuhan pasar akan produk etilen oksida yang semakin meningkat.

1.7 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama proses produksi suatu pabrik. Bahan baku pembuatan etilen oksida adalah etilen dan oksigen. Etilen diperoleh dari dalam negeri yaitu dari PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk, Cilegon, yang memiliki kapasitas 900.000 ton/tahun, dan ada beberapa pabrik yang menjadi produsen etilen di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.5. Bahan baku oksigen diperoleh langsung dari lingkungan. Katalis perak (Ag) didapatkan dari Linyi Peace Precious Metal Catalyst Co.,Ltd.,Cina. Sebagai alternatif bahan baku yang lain, dapat diimpor dari Petrochemical Cooperation of Singapore, Pte. Ltd. yang memiliki kapasitas produksi etilen sebanyak 1.010.000 Ton/Tahun.

Tabel 1.5 Produsen Etilen di Indonesia (ICIS,2023)

Industri	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi
PT Chandra Asri Petrochemical	900.000	Cilegon
PT Pertamina	650.000	Tuban
PT Lotte Chemical Titan	1.000.000	Cilegon

Adapun Bahan baku oksigen diperoleh dari dalam negeri yaitu dari PT. Linde, Cilegon, yang memiliki kapasitas 730.000 ton/tahun, dan ada beberapa pabrik yang menjadi produsen oksigen di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.6 Produsen Gas Oksigen di Indonesia

Industri	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi
PT Linde	730.000	Cilegon
PT Air Product	91.250	Cilegon
PT Air Liquide	580.350	Cilegon

1.8 Pemilihan Proses

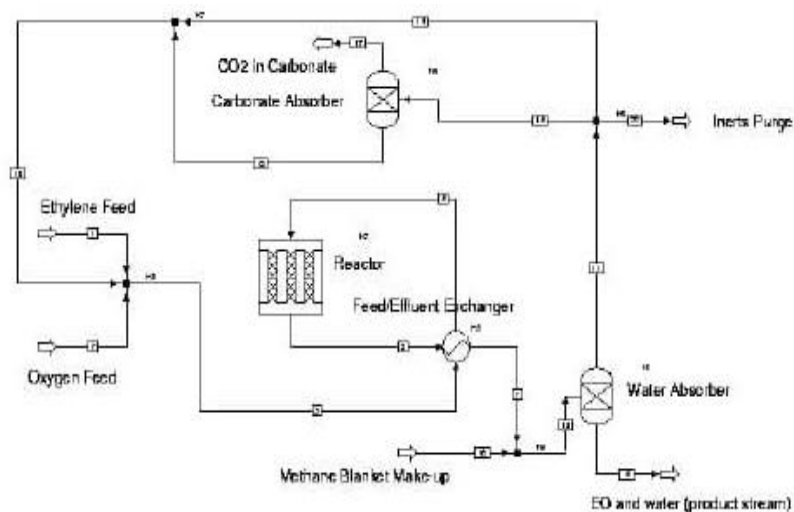
Produksi Etilen oksida pertama kali dilakukan pada tahun 1859 oleh seorang ilmuwan Perancis bernama Charles Adolphe Wurtz. Wurtz menemukan etilen oksida dengan mereaksikan 2-kloroetanol dengan senyawa basa potasium hidroksida yang selanjutnya dikenal dengan proses klorohidrin. Secara komersial, terdapat 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. Oleh karena itu, hingga saat ini, proses klorohidrin telah digantikan sepenuhnya dengan proses oksidasi langsung (Mc Ketta, 1976). Sementara proses *celanese* dikembangkan dari proses oksidasi langsung (dapat menggunakan oksigen teknis maupun udara).

1.8.1 Proses *Celanese*

Proses *Celanese* dikembangkan dari proses oksidasi langsung (dapat menggunakan oksigen teknis maupun udara). Dengan proses ini, konversi reaksi dapat ditingkatkan menjadi 92% dengan selektivitas 82,6%. Oksigen, etilen dan gas *recycle* dimasukkan dalam sebuah reaktor katalitik *multi tube* untuk membentuk etilen oksida. Dari reaktor, gas yang mengandung etilen oksida

dilewatkan absorber. Hasil atas dilewatkan seksi oksigen dan etilen *removal* sehingga dihasilkan produk berupa etilen oksida. Proses *celanase* etilen menjadi etilen oksida berlangsung pada fasa gas dengan menggunakan katalis perak pada suhu 220 – 300 °C dan tekanan 10 – 25 atm. Flowsheet dasar proses celanase dapat dilihat pada Gambar 1.2.

Adapun reaksi yang terjadi pada proses ini sebagai berikut :



Gambar 1.2 Proses *Celanase* (Kirk & Othmer, 1999)

Proses ini dapat menggunakan oksigen komersial maupun udara, dimana untuk *plant* menggunakan udara, reaktor yang digunakan ada 2 buah, yaitu reaktor untuk tempat terjadinya reaksi dan reaktor untuk *purging*. Adanya CO₂ dalam reaktor utama dari udara akan menurunkan *yield* 10 – 30 %. Etilen oksida dengan kadar CO₂ yang berlebih biasanya digunakan sebagai bahan baku pembuatan etilen karbonat. Sedangkan untuk reaksi dengan menggunakan oksigen kemurnian tinggi, reaktor yang digunakan hanya satu. CO₂ yang ada dalam sistem lebih sedikit karena oksidator tidak mengandung CO₂.

Pada proses ini *inert* gas yang digunakan adalah etana. Reaksi dijalankan dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan kondisi tekanan 10 – 25 atm dan suhu 200 – 300 °C dengan menggunakan katalis perak. *Selectivity* etilen menjadi etilen oksida dihasilkan berkisar 88,9%. Pada proses ini hanya terbentuk produk berupa etilen oksida. Hal ini dikarenakan pada proses ini menggunakan oksigen murni

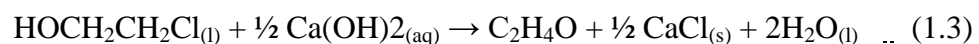
yang tidak mengandung CO_2 sehingga tidak diperlukan CO_2 absorber dan CO_2 *stripper* (Kirk and Othmer, 1978). Pemakaian bahan baku oksigen lebih menguntungkan karena jika menggunakan udara akan memerlukan volume reaktor yang lebih besar dibanding proses menggunakan oksigen dan untuk mencegah akumulasi nitrogen dalam reaktor dibutuhkan *purging* pada reaktor sehingga membutuhkan biaya investasi yang lebih besar dan proses pengendalian yang lebih cermat.

1.8.2 Proses Klorohidrin

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



Selanjutnya klorohidrin akan bereaksi 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. *Selectivity* reaksi kedua sebesar 90-95%.

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 diumpungkan ke bagian fraksinasi (pemurnian). Pemurnian dari campuran etilen oksida yang dihasilkan agak sulit, yang mana membutuhkan beberapa kolom distilasi yang disusun seri (Mc Ketta, 1976).

Proses klorohidrin sudah tidak digunakan lagi secara komersil untuk memproduksi etilen oksida karena membutuhkan rangkaian menara distilasi yang rumit. Lalu dari segi faktor ekonomi, proses klorohidrin termasuk mahal karena banyaknya kebutuhan klorin (Mc Ketta, 1976). Selain itu sebagian besar klorin yang dipakai akan membentuk kalsium klorida (CaCl_2) dan produk samping yang mengandung klorin. Sehingga hal ini menyebabkan proses menjadi tidak efisien dan menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Jadi, secara ekonomi, proses klorohidrin memiliki biaya produksi 3 – 4 kali lebih besar dibandingkan produksi etilena oksida dengan menggunakan proses oksidasi langsung.

1.8.3 Proses Oksidasi Langsung

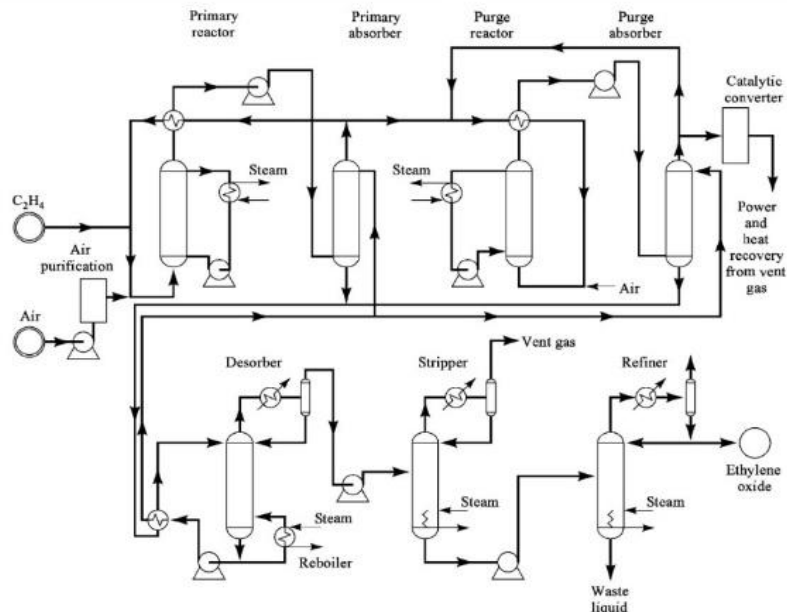
Etilen oksida diproduksi secara komersil menggunakan proses oksidasi langsung (*direct oxidation*) mulai dikembangkan pertama kali oleh *Carbide and Carbon Chemical Corp* pada tahun 1937 dengan bahan baku etilen dan udara. Hingga pada akhir tahun 1950 proses ini mulai menggantikan proses hidroklorin dalam pembuatan etilen oksida.

Dasar pembuatan etilen oksida dengan menggunakan proses oksidasi langsung, didasarkan pada proses yang ditemukan oleh Lefort pada tahun 1931 yang telah diterapkan untuk produksi skala besar. Proses oksidasi langsung etilen menjadi etilen oksida berlangsung pada fasa gas dengan menggunakan katalis perak pada suhu 220 – 300 °C dan tekanan 10 – 25 atm.

1. Oksidasi Langsung 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. Flowsheet dasar proses oksidasi langsung dengan udara dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Proses Oksidasi Langsung Dengan Udara (Kirk & Othmer, 1999)

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%. Lalu dengan digunakannya udara dengan kadar nitrogen tinggi, maka tidak memerlukan gas diluen khusus karena nitrogen udara berfungsi sebagai diluen untuk pencegahan eksplosivitas. 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 (Othmer, 1998).

Oksidasi menggunakan udara langsung juga membutuhkan proses yang lebih panjang karena membutuhkan reaktor tambahan untuk proses *purging*. Meskipun oksidasi udara memiliki konversi lebih tinggi dari pada oksigen teknis, akan tetapi selektivitasnya lebih rendah. Kekurangan *dari* proses ini juga 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).

1.9 Perbandingan Proses

Adapun proses pembuatan terbagi 3 yaitu proses celanase, proses klorohidrin, dan proses oksidasi langsung. Perbandingan dari 3 proses pada pembuatan etilen oksida dapat dilihat pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Perbandingan Proses Pembuatan Etilen Oksida

Variabel	Proses <i>Celanase</i>	Proses Klorohidrin	Proses Oksidasi Langsung
Kondisi Operasi	1. Selektivitas 82-90 % 2. Yield 75-82% 3. Konversi 92% 4. Suhu 220-275 °C 5. Tekanan 1 – 2,2 Mpa	1. Selektivitas 80% 2. Yield 85-90% 3. Konversi 20-65% 4. Suhu 27-43 °C 5. Tekanan 0,2 – 0,3 MPa	1. Selektivitas 80% 2. Yield 63-75% 3. Konversi 20-65% 4. Suhu 220-277 °C 5. Tekanan 1 – 3 Mpa
Jenis Katalis	Ag	-	Ag
Kemurnian	98%	90%	80%
Biaya Operasional	Lebih rendah dibandingkan dengan medium-size plant menggunakan udara bebas	Biaya operasional besar, hampir semua klorin yang digunakan hilang sebagai produk samping, kebutuhan klorin sangat besar, sedangkan harga klorin tinggi	Lebih tinggi (<i>medium sized plant</i>)

Sumber : Kirk and Othmer, 1978.

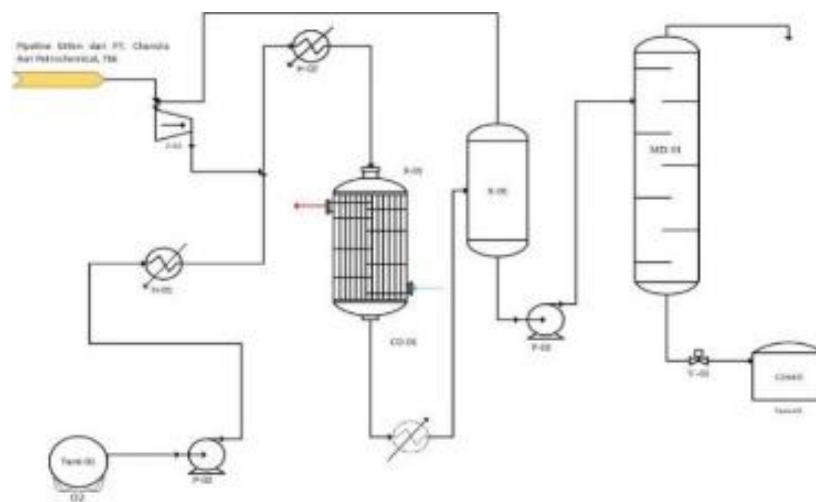
Berdasarkan Tabel 1.7 dari ketiga proses maka dalam prarancangan pabrik etilen oksida dipilih proses *celanase* dengan katalis perak (Ag) mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1. Konversi yang diperoleh tinggi yaitu 92% dengan kemurnian 98%.
2. Bahan baku yang digunakan berupa etilen dan oksigen yang tersedia dalam jumlah yang cukup sehingga pengendalian proses relative murah.
3. Selektivitas yang dihasilkan juga tinggi yaitu sekitar 82-90%.
4. Dampak lingkungan yang tidak berbahaya dibandingkan dengan proses yang lain.

1.10 Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses

1.10.1 Diagram Alir

Pada proses pembuatan etilen oksida terdapat diagram alir pada prarancangan pabrik etilen oksida yang berguna untuk mengetahui proses, alat, dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Diagram Alir

1.10.2 Uraian Proses

Pembuatan etilen oksida dibagi menjadi empat tahap, yaitu:

1. Tahap Penyiapan Bahan Baku
2. Tahap Sintesa Etilen Oksida
3. Tahap Pemurnian Produk

1.10.2.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Tujuan dari tahap penyiapan bahan baku memiliki fungsi untuk menyimpan bahan baku yang akan digunakan serta mempersiapkan suhu dan tekanan bahan baku agar sesuai dengan kondisi reaktor. Berikut ini adalah penjelasan mengenai berbagai sistem preparasi umpan reaktor tersebut.

1. Preparasi Etilen

Bahan baku utama adalah gas etilen sebagai reaktan utama dalam reaksi pembentukan etilen oksida. Gas etilen yang digunakan adalah gas dengan kemurnian 99,94% dan Etana 0,06% berat senyawa impuritas. Gas etilen dibeli dari PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk yang terletak di Jalan Raya Anyer Km. 123 Ciwandan, Cilegon. Etilen ini dikirim melalui pipa di atas permukaan tanah dengan tekanan 15 atm dan suhu $-117\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan disimpan dalam keadaan cair dingin. Etilen dari *ethylene tank* (T-101) dipompakan melalui (P-102) menuju vaporizer (V-102) untuk mengubah fasa dari cair menjadi gas dengan memanfaatkan panas dari aliran bawah menara distilasi (MD-301).

2. Preparasi Oksigen

Oksigen digunakan sebagai reaktan dalam pembentukan etilen oksida dengan kemurnian 99,7% berat dan 0,3% berat senyawa impuritas. Oksigen ini diperoleh dari PT. Air Liquide Indonesia. Dan disimpan dalam keadaan cair dingin pada tekanan 15 atm dan suhu $-188,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Oksigen dari *oxygen tank* (T-102) dipompakan melalui (P-101) menuju vaporizer (V-101) untuk mengubah fasa dari cair menjadi gas dengan memanfaatkan panas yang keluar dari reaktor (R-201).

3. Pencampuran Umpan Reaksi

Etilen dialirkan untuk bergabung dengan aliran oksigen. Kemudian campuran gas etilen dan oksigen dialirkan menuju *heater* (H-101). Di dalam *heater* (H-101), campuran gas dengan tekanan 15 atm dan suhunya di naikkan menjadi $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Suhu dan tekanan gas umpan sudah sesuai dengan kondisi reaktor, umpan dialirkan ke reaktor (R-201) melalui bagian atas reaktor.

1.10.2.2 Tahap Sintesa Etilen Oksida

Sintesa etilen oksida ini bertujuan ini mereaksikan reaktan membentuk

etilen oksida. Reaksi berlangsung dalam sebuah reaktor (R-201) jenis fixed bed multitube yang berisi katalis perak dengan penyangga alumina. Reaksi berlangsung pada fase gas pada suhu 250°C dan tekanan 15 atm. Konversi reaksi sebesar 92% dengan selektivitas 82,6%.

Reaksi yang terjadi dalam reaktor:



Reaksi pembentukan etilen oksida dapat dilihat pada reaksi (1.5) yang merupakan reaksi oksidasi parsial C_2H_4 menjadi etilen oksida yang bersifat eksotermis. Performa reaktor dapat dilihat dari konversi dan selektivitas reaksi. Konversi adalah perbandingan jumlah etilen yang bereaksi dengan jumlah umpan etilen sebelum reaksi. Konversi reaksi etilen oksida diatur sekitar 92%. Selektivitas adalah perbandingan jumlah etilen oksida yang terbentuk terhadap jumlah etilen yang bereaksi. Selektivitas reaksi etilen oksida pada temperatur 250°C dan tekanan 15 atm sekitar 82,6% (Ullman, 2012).

Reaksi yang berlangsung pada bagian *tube reactor* merupakan reaksi yang eksotermis yang akan meningkatkan temperatur di dalam reaktor sehingga akan menyebabkan kenaikan temperatur. Temperatur dalam reaktor harus dijaga karena dapat merusak katalis bila temperatur terlalu tinggi dan berbahaya apabila tekanan terlalu tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut, digunakan pendingin air yang masuk pada suhu 27°C dan keluar pada suhu 45°C. Produk keluar reaktor pada suhu 250°C dan tekanan 15 atm.

1.10.2.3 Tahap Pemurnian Produk

Kemudian produk keluaran reaktor masuk vaporizer (V-102) untuk dimanfaatkan panasnya. Kemudian dialirkan ke *expander* (K-301) sehingga tekanannya turun menjadi 10 atm. Gas keluaran *expander* (K-301) dengan suhu 118°C pada tekanan 10 atm di alirkan menuju menara absorber (MA-301) dalam fasa 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 65°C pada tekanan 3,2 atm dan dimasukkan ke *cooler* (C-301) untuk diturunkan suhunya menjadi 30°C lalu 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 54°C dan tekanan 4 atm. Hasil atas yang merupakan produk murni etilen oksida akan di alirkan menggunakan pompa (P-302) menuju tangki penyimpanan (T-301). Sedangkan keluaran bawah menara distilasi merupakan air yang langsung dialirkan menuju *water treatment plant*. Tujuan tahap pemurnian ini adalah untuk memisahkan etilen oksida dari campuran gas berupa etilen dan oksigen yang tidak bereaksi, gas CO₂ dan kemudian memurnikan produk hingga mencapai komposisi yang diinginkan. Hasil produk etilen oksida selanjutnya akan disimpan didalam tangki penampung (T-301).

1.11 Uji 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 (1.10).



Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lain yaitu diperlihatkan pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Harga Bahan

Parameter	Bahan Baku		Produk
	Etilen	Oksigen	Etilen Oksida
Berat	28 g/mol	32 g/mol	44 g/mol
Harga Per Kg	Rp. 19.900	Rp. 10.000	Rp. 31.100
Kebutuhan	1 mol x 28 g/mol = 28 gr = 0,028 kg	½ mol x 32 g/mol = 16 gr = 0.016 kg	1 mol x 44 g/mol = 44 gr = 0.044 kg
Harga Total	0,028 kg x Rp. 19.900 = Rp. 378	0.016 kg x Rp. 10.000 = Rp. 102	0.044 kg x Rp. 31.100 = Rp. 1.368,4
Analisa Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Bahan Baku = (Rp. 1.368,4) – (Rp. 480) = Rp. 1.456		

(Sumber: Alibaba, 2023).

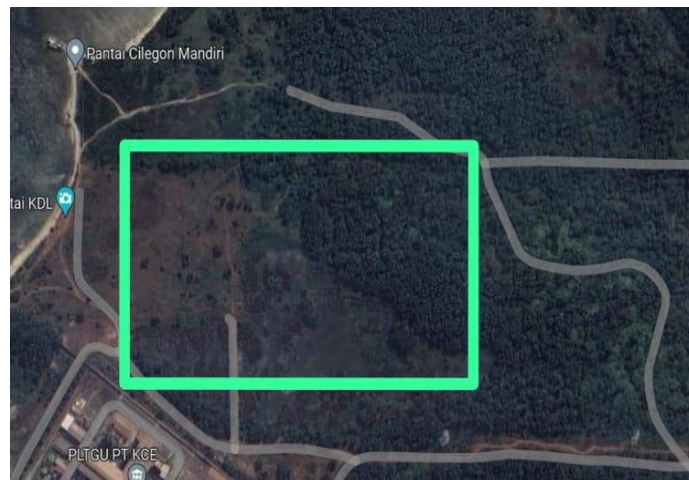
Berdasarkan analisa ekonomi awal maka persentase keuntungan diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ Keuntungan} &= \frac{\text{Rp. 1.456}}{\text{Rp. 480}} \times 100\% \\ &= 285,0833 \% \end{aligned}$$

Dari Tabel 1.8 maka didapatkan hasil keuntungan, hasil analisa ekonomi awal didapat keuntungan 285,0833% dari harga bahan baku maka prarancangan pabrik etilen oksida ini layak dilanjutkan

1.12 Lokasi Pemilihan Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting dalam penentuan kesuksesan industri. Dengan pemilihan lokasi pabrik yang tepat, maka industri akan mampu bersaing dan menentukan keberlangsungan hidupnya karena dapat beroperasi secara efektif dan efisien. Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik harus direncanakan dengan baik dan tepat. Secara geografis, penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari suatu industri kini dan pada masa yang akan datang karena berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang seminimal mungkin serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat disekitar lokasi pabrik. Oleh karena itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pendirian pabrik. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka ditentukan rencana pendirian pabrik etilen oksida ini berlokasi di maka lokasi terbaik untuk pendirian pabrik Etilen Oksida direncanakan di daerah Cilegon, Provinsi Banten. Yaitu di Kawasan Industri Cilegon, Provinsi Banten tepatnya di Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) Jalan Raya Anyer, Cilegon, Banten. Karena KIEC memiliki areal yang luas dengan total 625 hektar (550 hektar dikawasan Industri Zona 1 dan 75 hektar di kawasan industri zona II). Peta lokasi pabrik dapat dilihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Peta Lokasi Pabrik (Google Earth, 2024)

Faktor – faktor yang menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik adalah penyediaan bahan baku, pemasaran produk, transportasi, utilitas dan beberapa factor penunjang lainnya yang dapat menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik.

1.12.1 Penyediaan Bahan Baku dan Katalis

Dengan ketersediaan bahan baku yang dekat terhadap lokasi pabrik tentu menjadi prioritas dan sangat menguntungkan perusahaan karena biaya yang timbul dalam pengadaan bahan baku bisa ditekan karena biaya transportasi lebih rendah. Ketersediaan bahan baku diperlukan untuk menjamin kontinuitas produksi suatu pabrik. Bahan baku utama yang digunakan pada pabrik pembuatan Etilen Oksida ini adalah etilen dan oksigen . Bahan baku etilen dalam pembuatan etilen oksida direncanakan diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Center yang terletak di Kawasan Industri Cilegon, sedangkan Oksigen dapat diperoleh dari PT. Air Liquid Indonesia, di kawasan KIEC Cilegon. Dengan letak antara pabrik dengan bahan baku yang dekat maka diharapkan penyediaan bahan baku dapat tercukupi dengan lancar. Jikalau bahan baku harus di impor dari luar negeri, pelabuhan yang ada di Cilegon sangat dekat dengan lokasi pabrik

1.12.2 Pemasaran Produk

Pendirian pabrik etilen oksida paling utama ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Karena sebagian besar industri di Indonesia masih

terpusat di Indonesia bagian barat, terutama di pulau Jawa. Maka pasar potensial adalah pulau Jawa. Didukung dengan adanya beberapa industri yang memerlukan bahan baku etilen oksida, yaitu etilen glikol yaitu PT. Polychem Indonesia. Selain itu, di dekat lokasi pabrik terdapat beberapa industri yang membutuhkan bahan baku etilen oksida, seperti industri etanolamina, industri surfaktan non ionik, industri polietilen oksida, dan industri pembuatan deterjen dan surfaktan yang juga terbuat dari bahan etilen oksida.

1.12.3 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 dengan kapasitas muat maksimal 150.000 DWT. Posisi kawasan industri yang strategis juga akan memudahkan transportasi laut, baik untuk kebutuhan pengiriman antar pulau maupun untuk ekspor.

1.12.4 Utilitas

Sarana utilitas berperan sebagai pendukung untuk kelangsungan proses produksi seperti listrik, air, bahan bakar dan steam. Utilitas merupakan unit penunjang operasional pabrik di luar unit operasi dan unit proses yang bertugas menyediakan, mempersiapkan dan mendistribusikan bahan-bahan penunjang operasional pabrik. Saat memilih lokasi pabrik, fasilitas penunjang (utilitas) seperti air dan listrik juga harus dipertimbangkan. Lokasi pabrik baiknya berdekatan dengan pantai dan sungai, sehingga mudah untuk memenuhi kebutuhan air industri. 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 selain dapat diperoleh dari sumber air tanah juga dapat diperoleh dari Water Treatment Plant pihak pengelola KIEC, sebesar 2000 liter/detik (PT. KIEC,2022).

1.12.5 Faktor Penunjang Lain

Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) merupakan daerah kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah, sehingga faktor-faktor seperti: tersedianya energi listrik, bahan bakar, sumber air, iklim dan karakter tempat/lingkungan bukan merupakan suatu kendala karena semua telah dipertimbangkan pada penetapan kawasan tersebut sebagai kawasan industri. Dengan pertimbangan diatas maka dapat disimpulkan bahwa kawasan Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) layak dijadikan lokasi pendirian pabrik etilen oksida ini.