

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber daya alam yang melimpah. Untuk mengelola kekayaan tersebut, berbagai industri dan manufaktur didirikan guna menghasilkan produk-produk berkualitas yang dapat dimanfaatkan secara optimal untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam negeri. Salah satu sektor industri yang terus berkembang pesat adalah industri kimia, yang memiliki peran penting dalam mendukung pengelolaan industri serta menyediakan bahan baku kimia bagi sektor industri lainnya.

Jika bahan baku dan bahan penunjang tersebut dapat diproduksi di dalam negeri, hal ini akan memberikan manfaat besar, seperti mengurangi pengeluaran devisa, meningkatkan ekspor, mendorong penguasaan teknologi, serta menciptakan lapangan pekerjaan. Diharapkan, dengan adanya pabrik ini, akan muncul pabrik-pabrik lain yang memanfaatkan produk dari pabrik tersebut. Selain itu, keberadaan pabrik ini juga dapat membuka peluang pekerjaan, yang pada gilirannya membantu mengurangi tingkat pengangguran dan kemiskinan, karena pembangunan pabrik memerlukan tenaga kerja terampil dan berpendidikan, serta dapat meningkatkan pendapatan ekonomi daerah setempat.

Menurut Data Badan Pusat Statistik tahun 2024 bahwa kebutuhan impor etilen oksida diperkirakan mencapai 120.201 ton/tahun. Hal ini bahwa tiap tahun mengalami peningkatan yang signifikan. Etilen oksida merupakan senyawa organik golongan eter dengan rumus molekul C_2H_4O yang merupakan hasil oksidasi langsung antara etilen dan udara. 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.

Etilen oksida secara langsung digunakan sebagai desinfektan yang efektif dan banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga. Di bidang medis, etilen

oksida sering digunakan untuk mensterilkan peralatan bedah, plastik, dan alat lainnya yang tidak dapat tahan terhadap panas, dengan menggunakan uap. Dalam sektor industri, pemanfaatan etilen oksida juga sangat luas. Selain berfungsi sebagai bahan baku dalam pembuatan etilen glikol, etilen oksida juga digunakan dalam pembuatan insektisida, sebagai bahan perantara dalam produksi etanol amina, glikol eter, dan polietilen oksida (Kirk-Othmer, 2007).

Etilen oksida, yang juga dikenal dengan nama oxirane, adalah senyawa organik dengan rumus C_2H_4O . Etilen oksida termasuk dalam golongan *cyclis ether*, yang berarti senyawa ini tidak berwarna, mudah terbakar, dan memiliki bau manis yang ringan. Sebagai epoksida yang paling sederhana, etilen oksida memiliki struktur cincin tiga anggota yang terdiri dari dua atom karbon dan satu atom oksigen. Senyawa ini umumnya digunakan sebagai bahan pensteril yang efektif dan juga berfungsi sebagai pestisida. Karena memiliki struktur molekul yang khas, etilen oksida mudah berpartisipasi dalam reaksi tambahan, membuka cincin, dan berpolimerisasi. Etilen oksida juga merupakan isomer dari *acetaldehida*.

Etilen oksida, selain digunakan sebagai bahan baku untuk etilen glikol, juga berfungsi sebagai bahan insektisida, bahan perantara dalam pembuatan etanol amina, glikol eter, dan polietilen oksida. Pendirian pabrik etilen oksida memiliki sejumlah keuntungan, antara lain:

1. Mendorong pertumbuhan industri-industri baru yang memanfaatkan etilen oksida sebagai bahan baku.
2. Membuka peluang pekerjaan baru di Indonesia.
3. Menambah pendapatan negara melalui peningkatan produksi dan ekspor.
4. Mengurangi ketergantungan pada impor bahan baku etilen oksida.

Potensi dan nilai jual yang cukup menjanjikan dalam industri etilen oksida menjadi salah satu pertimbangan utama untuk mendirikan pabrik etilen oksida di Indonesia. Saat ini, kebutuhan etilen oksida di Indonesia masih sangat bergantung pada impor, karena pasokan dari dalam negeri belum mencukupi. Indonesia belum memiliki pabrik etilen oksida, sehingga pemenuhan kebutuhan pasar domestik sepenuhnya mengandalkan impor dari luar negeri. Etilen oksida memiliki peranan yang penting dalam industri kimia, terutama sebagai bahan baku untuk pembuatan

berbagai produk turunan, seperti *monoetil glikol*, *trietil glikol*, dan *etilen glikol eter*.

Produk-produk ini digunakan dalam berbagai sektor, mulai dari industri otomotif, tekstil, hingga farmasi, yang membuat permintaan akan etilen oksida terus meningkat. Oleh karena itu, pendirian pabrik etilen oksida di Indonesia tidak hanya akan mengurangi ketergantungan pada impor, tetapi juga dapat memberikan keuntungan ekonomi, baik dari segi penciptaan lapangan kerja maupun peningkatan kapasitas industri domestik.

1.2 Rumusan Masalah

Mengingat kebutuhan di Indonesia akan etilen oksida mengalami peningkatan setiap tahun dan produksi etilen oksida di Indonesia tidak mencukupi, maka pabrik pembuatan etilen oksida sangat potensial untuk didirikan di Indonesia.

1.3 Tujuan Prarancangan

Tujuan perancangan pabrik pembuatan etilen oksida ini adalah menerapkan ilmu disiplin teknik kimia khususnya dibidang rancangan, proses, dan operasi teknik kimia sehingga akan memberikan gambaran kelayakan prarancangan pendirian suatu pabrik etilen oksida dari etilen dan oksigen dengan proses oksidasi langsung.

1.4 Manfaat Prarancangan

Manfaat yang mungkin dicapai adalah terbukanya lapangan kerja dan memacu rakyat untuk meningkatkan produksi dalam negeri dan pada akhirnya akan meningkatkan kesejahteraan rakyat. Disamping itu juga untuk memanfaatkan sumber daya alam dan memberikan nilai ekonomis pada bahan baku agar menjadi produk yang lebih bermanfaat.

1.5 Batasan Masalah

Prarancangan pabrik etilen oksida ini, dibatasi dengan bahan baku utama yaitu etilen dan oksigen menggunakan metode **Proses Oksidasi Langsung Dengan Oksigen**. Adapun pembuatan *flowsheet* prarancangan pabrik ini dibatasi menggunakan *software Aspen HYSYS* dan *Visio*.

1.6 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 adalah:

1. Proses Klorohidrin
2. Oksidasi langsung dengan oksigen
3. Oksidasi langsung dengan udara

1.6.1 Proses Klorohidrin

Proses klorohidrin adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghasilkan etilen oksida dengan cara mereaksikan etilen (C_2H_4) dan klorida (biasanya hidrogen klorida, HCl) dalam kondisi tertentu. Reaksi ini menghasilkan senyawa antara yang disebut klorohidrin, yaitu senyawa yang memiliki gugus hidroksil ($-OH$) dan klorida (Cl) pada atom karbon yang sama.

Metode ini merupakan proses pertama yang digunakan untuk memproduksi etilen oksida, namun saat ini sudah tidak digunakan lagi secara komersial karena biaya investasi awal yang sangat tinggi. Proses klorohidrin terdiri dari dua tahap, yaitu tahap klorinasi, di mana etilen bereaksi dengan asam hipoklorit membentuk etilen klorohidrin, kemudian dilanjutkan dengan reaksi etilen klorohidrin dengan kalsium hidroksida yang menghasilkan etilen oksida, kalsium klorida, dan air. Reaksi yang terjadi adalah:



Reaksi pertama terjadi di reaktor packed tower pada tekanan 2-3 atm dan suhu $27-43^\circ C$, dengan yield 85-90% dan konversi 8-10%. Pengendalian yang tepat diperlukan untuk mencegah terbentuknya produk sampingan, yaitu etilen dioksida. Produk dari reaktor pertama, etilen klorohidrin cair, kemudian direaksikan dengan slurry $Ca(OH)_2$ dalam reaktor hidrolisa pada suhu $96-102^\circ C$, menghasilkan yield 90%-95% (Kirk-Othmer, 1998).

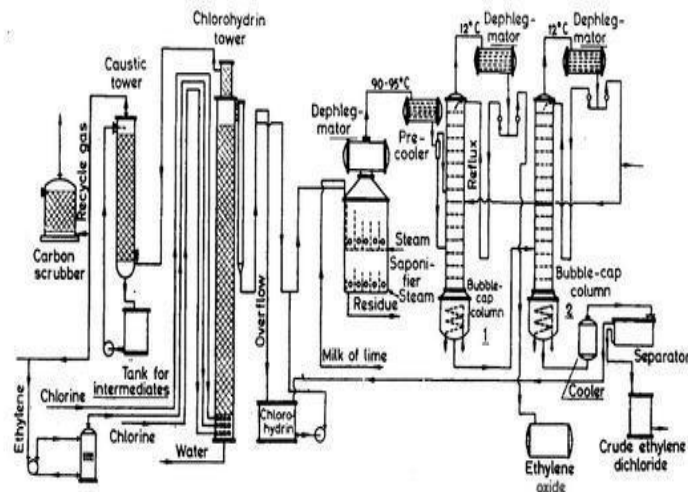
Hasil dari reaktor kedua, etilen oksida, dikondensasikan dan dialirkan ke unit pemurnian yang menggunakan beberapa menara distilasi seri (Mc Ketta, 1984). Meskipun proses ini tergolong sederhana, tetapi biasanya modalnya tinggi karena harga material konstruksinya mahal.

Pada proses khlorohidrin terdapat beberapa kekurangan jika dibandingkan dengan proses oksidasi langsung, yaitu:

1. Biaya produksi mahal.
2. Terdapat produk samping yang mengandung klor.
3. Perlu *treatment* limbah cukup banyak.
4. Terdapatnya klor dalam aliran bahan baku sehingga dibutuhkan peralatan tahan korosi yang harganya sangat mahal.
5. Memerlukan rangkaian alat cukup banyak sehingga investasi awal cukup mahal.

1.6.1.1 Flowsheet Dasar Proses Klorohidrin

Adapun *flowsheet* dasar proses Klorohidrin dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Proses Klorohidrin Untuk Produksi Etilen Oksida

Sumber: Kirk-Orthmer, 1998

1.6.1.2 Uji Ekonomi Awal Proses Klorohidrin

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknik dan ekonomi. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang

diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lain yaitu seperti diperlihatkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Uji Ekonomi Awal Proses Klorohidrin

Bahan baku	Berat Molekul	Harga Rp/Kg
Etilen	28	13.710
Asam Hipoklorat	52	20.000
Kalsium Hidroksida	74	19.000
Etilen Oksida	44	17.751

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2024

Berdasarkan data diatas, maka dihitung perhitungan ekonomi (PE) awal sebagai berikut:

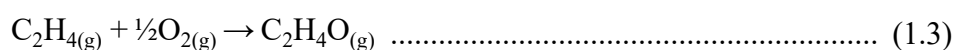
$$\begin{aligned}
 PE &= (BM \text{ Etilen Oksida} \times \text{Harga Etilen Oksida}) - (BM \text{ Etilen} \times \text{Harga Etilen}) + \\
 &\quad (BM \text{ A.Hipoklorat} \times \text{Harga A. Hipoklorat}) + (BM \text{ Kalsium Hidroksida} \times \\
 &\quad \text{Harga Kalsium Hidroksida}) \\
 &= (44 \times 17.751) - ((28 \times 13.710) + (52 \times 20.000) + (74 \times 7.000)) \\
 &= 781.004 - (383.880 + 1.040.000 + 518.000) \\
 &= 1.160.836 / \text{kg}
 \end{aligned}$$

1.6.2 Proses Oksidasi Langsung dengan Oksigen

Proses oksidasi langsung dengan oksigen adalah metode efektif untuk memproduksi etilen oksida, di mana etilen (C_2H_4) bereaksi langsung dengan oksigen (O_2) tanpa perlu agen pengoksidasi tambahan. Proses ini dilakukan pada suhu dan tekanan terkontrol dengan katalis perak (Ag), yang berfungsi untuk mempercepat reaksi dan meningkatkan selektivitas produk yang dihasilkan.

Pada proses oksidasi langsung dengan oksigen ini, dibutuhkan oksigen dengan kemurnian yang tinggi (>95%) dan menghasilkan selektivitas etilen oksida serta konversi antara 75-99% (Kirk-Othmer, 1992).

Dalam proses ini terjadi reaksi utama yaitu:



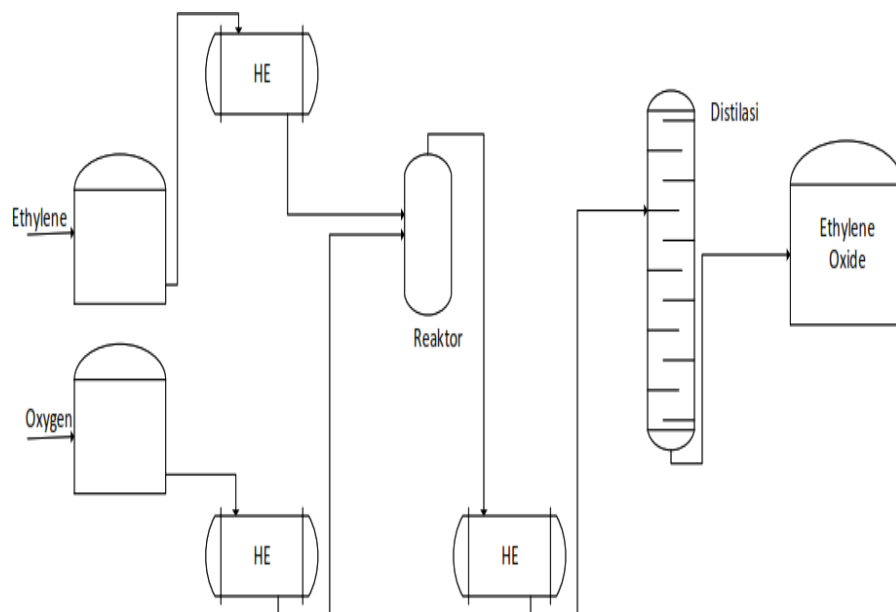
Reaksi dijalankan dalam reaktor *plug flow reactor* pada tekanan 17 atm

dan temperatur 260°C, dengan konversi per-pass dijaga sekitar 8-15% untuk mencapai yield tinggi, yaitu 75-82%, dengan kelebihan reaktan etilen. Setelah itu, suhu diturunkan menjadi 40°C menggunakan heat exchanger, kemudian aliran dipindahkan ke absorber untuk penyerapan, yang bertujuan memisahkan kelebihan reaktan dan produk, sebelum diteruskan ke menara distilasi. (Kirk- Othmer, 1998).

Proses berbasis oksigen pada dasarnya menggunakan oksigen murni, mengurangi jumlah gas inert yang masuk ke dalam siklus, sehingga memungkinkan daur ulang etilen yang hampir sempurna. Hal ini menghilangkan kebutuhan akan sistem reaktor pembersih dalam proses berbasis oksigen.

1.6.2.1 Flowsheet Dasar Proses Oksidasi Langsung dengan Oksigen

Adapun *flowsheet* dasar proses Oksidasi langsung dengan Oksigen dapat dilihat pada gambar 1.2.



Gambar 1.2 Proses Oksidasi langsung Dengan Oksigen

Sumber : Kirk-Orthmer, 1998 dalam Wardhana, dkk,2020

1.6.2.2 Uji Ekonomi Awal Proses Oksidasi Langsung dengan Oksigen

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknik dan ekonomi. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang

diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lain yaitu seperti diperlihatkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Uji Ekonomi Awal Proses Oksidasi Langsung dengan Oksigen

Bahan baku	Berat Molekul	Harga Rp/Kg
Etilen	28	13.710
Oksigen	32	14.000
Etilen Oksida	44	17.751

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2024

Berdasarkan data diatas, maka dihitung perhitungan ekonomi (PE) awal sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{PE} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga bahan baku} \\
 &= (\text{BM Etilen Oksida} \times \text{Harga Etilen Oksida}) - (\text{BM Etilen} \times \text{Harga Etilen}) + \\
 &\quad (\text{BM Oksigen} \times \text{Harga Oksigen}) \\
 &= (44 \times 17.751) - ((28 \times 13.710) + (32 \times 14.000)) \\
 &= 845.164 / \text{kg}
 \end{aligned}$$

1.6.3 Proses Oksidasi Langsung dengan Udara

Proses oksidasi langsung dengan udara adalah metode untuk menghasilkan etilen oksida dengan mereaksikan etilen (C_2H_4) dengan oksigen dalam udara. Berbeda dengan proses yang menggunakan oksigen murni, metode ini memanfaatkan nitrogen sebagai komponen dominan dalam campuran gas. Nitrogen berfungsi sebagai gas inert yang mengurangi risiko ledakan dan juga sebagai pendingin selama reaksi.

Dalam proses ini, udara bertekanan tinggi dimurnikan untuk menghilangkan kontaminan, lalu dicampurkan dengan etilen dan aliran gas daur ulang. Campuran gas tersebut kemudian diumpankan ke reaktor yang mengandung katalis untuk mengoksidasi etilen menjadi etilen oksida, karbon dioksida, dan air. Untuk mengurangi pembentukan karbon dioksida, ditambahkan inhibitor berupa halida organik seperti etilen diklorida.

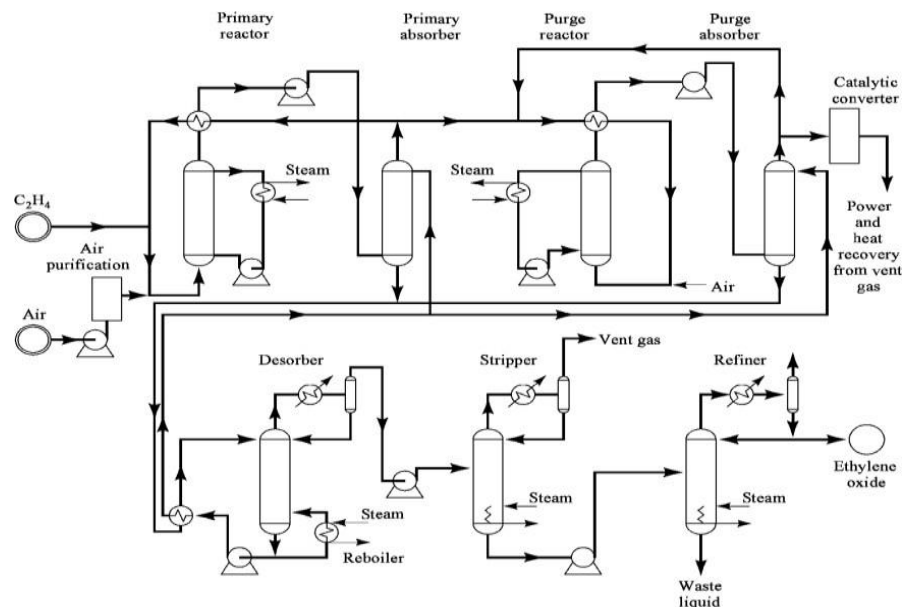
Proses ini melibatkan reaksi utama dan reaksi samping, seperti pada reaksi (1.3) sebelumnya. Secara prinsip, proses ini serupa dengan penggunaan oksigen teknis, dijalankan pada suhu 220-275°C dan tekanan 10-30 atm dengan katalis perak. Konversi per-pass mencapai 20%-30% dan yield 63%-75%, namun selektivitasnya lebih rendah dibandingkan dengan oksidasi menggunakan oksigen. Rendahnya selektivitas ini mempengaruhi ukuran peralatan, karena diperlukan aliran purging untuk mencegah akumulasi nitrogen, yang berfungsi sebagai diluen untuk menghindari eksplosivitas.

Penggunaan udara sebagai oksidator yang mengandung banyak nitrogen, maka perlu *purging* sebagai reaktan yang tidak bereaksi sebelum di-*recycle* dalam reaktor untuk mencegah akumulasi nitrogen dalam reaktor (Kirk-Othmer, 1998). Tahap ini bertujuan untuk memisahkan etilen oksida dari campuran gas dan memurnikannya hingga mencapai komposisi yang diinginkan. Produk keluar dari reaktor pada suhu 235°C, kemudian didinginkan dalam heat exchanger (HE) hingga suhu mencapai 30°C, sebelum dialirkan ke absorber. Di dalam absorber, etilen oksida akan diserap oleh air sebagai absorben.

Hasil serapan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam menara distilasi untuk memurnikan etilen oksida. Produk yang keluar dari menara distilasi kemudian dipompa untuk meningkatkan tekanannya hingga 5 atm. Setelah itu, produk didinginkan dalam heat exchanger (HE) hingga suhu mencapai 30°C, dengan tekanan 5 atm, agar etilen oksida yang disimpan dalam tangki dalam kondisi cair.

1.6.3.1 Flowsheet Dasar Proses Oksidasi Langsung dengan Udara

Adapun *flowsheet* dasar proses Oksidasi langsung dengan Udara dapat dilihat pada gambar 1.3.



Gambar 1.3 Proses Oksidasi Langsung Dengan Udara

Sumber: Kirk-Orthmer, 1998.

1.6.3.2 Uji Ekonomi Awal Oksidasi Langsung dengan Udara

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknik dan ekonomi. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh semakin besar, maka dalam penentuan kapasitas perlu dipertimbangkan faktor lain yaitu seperti diperlihatkan pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Uji Ekonomi Awal Oksidasi Langsung dengan Udara

Bahan baku	Berat Molekul	Harga Rp/Kg
Etilen	28	13.710
Oksigen	32	14.000
Katalis Perak	108	215.577
Etilen Oksida	44	17.751

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2024

Berdasarkan data diatas, maka dihitung perhitungan ekonomi (PE) awal sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{PE} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga bahan baku} \\
 &= (\text{BM Etilen Oksida} \times \text{Harga Etilen Oksida}) - (\text{BM Etilen} \times \text{Harga Etilen}) + \\
 &\quad (\text{BM Oksigen} \times \text{Harga Oksigen}) + (\text{Harga Katalis Perak}) \\
 &= (44 \times 17.751) - ((28 \times 13.710) + (32 \times 14.000) + (215.577)) \\
 &= 7781.004 - ((383.880 + 448.000 + 215.577)) \\
 &= 266.413 / \text{kg}
 \end{aligned}$$

1.6.4 Perbandingan Proses

Untuk mengetahui perbandingan beberapa proses pembuatan etilen oksida dapat dilihat dalam Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Perbandingan beberapa Proses Pembuatan Etilen Oksida

Uraian	Proses Klorodhin	Proses Oksidasi Udara	Proses Oksidasi Oksigen
Yield	85-95%	63-75%	75-82%
Konversi	8 -10%	20 – 30%	20-65%
Suhu	27-43	220-277	220-235
Tekanan	2-3 atm	10-30 atm	10-20 atm
Skala Produksi	Skala Kecil	Skala Besar	Skala Besar
Perhitungan Ekonomi	214.000	1.108.423	1.324.000

Sumber: Kirk-Othmer, 1998.

Berdasarkan beberapa proses, maka dapat dibandingkan dari segi bahan baku maupun kondisi operasi yang digunakan berhubungan dengan proses pembuatan etilen oksida tersebut, maka dipilih proses etilen oksida dengan proses oksidasi langsung dengan oksidasi oksigen, dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Pengadaan alat yang sedikit sehingga biaya operasi minim.
2. Ketersediaan bahan baku yang mudah di dapat
3. Kemurnian produk yang tinggi

1.6.5 Kapasitas Produksi

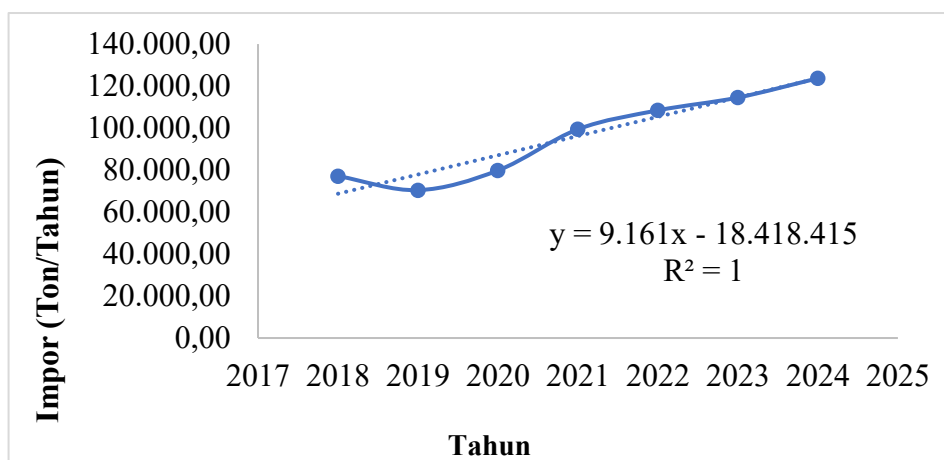
Kapasitas produksi suatu pabrik akan mempengaruhi tingkat perhitungan teknik dan nilai keuntungan yang dihasilkan oleh pabrik. Pendirian pabrik dengan kapasitas tertentu antara lain bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, membantu perkembangan industri lain yang menggunakan produk tersebut. Kebutuhan impor Etilen Oksida pada tahun 2018-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Kebutuhan Impor Etilen Oksida Dalam Negeri

Tahun	Ton/Tahun
2018	77.125,1
2019	70.440,7
2020	79.815,9
2021	99.437,4
2022	108.432,4
2023	114.533,6
2024	123.694,8

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2018-2024

Berdasarkan Tabel 1.5 maka dapat dibuat suatu persamaan linier agar dapat memperkirakan kebutuhan etilen oksida pada tahun 2028 seperti pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Kebutuhan Impor Etilen Oksida di Indonesia

Pada gambar 1.4 disimpulkan bahwa grafik kebutuhan konsumen akan etilen oksida terus meningkat tiap tahunnya. Hal ini tentu menyebabkan kebutuhan akan Etilen oksida pada masa yang akan datang juga akan terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan industri yang menggunakan bahan baku akan etilen oksida. Untuk menghitung kebutuhan akan Etilen oksida pada tahun berikutnya maka dapat menggunakan metode ekstrapolasi. Kebutuhan akan etilen oksida dapat diketahui dengan persamaan:

$$y = a(x) + b \dots\dots\dots (1.4)$$

$$y = 9161x - 18418415$$

$$y = 9161(2028) - 18418415$$

$$y = 160.093$$

Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan etilen oksida di Indonesia pada tahun 2028 adalah sebesar 160.093 ton/tahun, sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Data Ekstrapolasi Kebutuhan Etilen Oksida di Indonesia

Tahun	Tahun Ke	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	1	132.610
2026	2	141.771
2027	3	150.932
2028	4	160.093

Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, pabrik Etilen oksida yang akan didirikan ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Dengan memproduksi etilen oksida di dalam negeri, Indonesia tidak hanya akan mengurangi ketergantungan pada impor, tetapi juga dapat memanfaatkan potensi pasar global yang terus berkembang. Kebutuhan Etilen oksida di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 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: *Independent Chemical Information Service Plants and Projects Database* ; Mc. Ketta, 1997.

Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada di atas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan dan kapasitas pabrik baru yang menguntungkan. Di Indonesia pabrik Etilen Oksida hanya ada satu yaitu PT Prima Ethycolindo dengan kapasitas terpasang 80.000 Ton/Tahun.

Pabrik etilen oksida belum ada di Indonesia karena beberapa faktor utama. Permintaan pasar domestik masih terbatas, sehingga belum cukup menarik bagi investor untuk membangun pabrik sendiri. Selain itu, ketersediaan bahan baku berupa etilena masih terbatas, karena produksi dalam negeri lebih banyak digunakan untuk produk lain seperti plastik. Investasi dalam teknologi produksi etilen oksida juga sangat mahal dan membutuhkan standar keamanan tinggi, mengingat sifatnya yang beracun dan mudah meledak. Regulasi lingkungan yang ketat semakin menambah tantangan dalam pendirian pabrik ini. Saat ini, impor etilen oksida dari negara lain masih lebih ekonomis dibandingkan produksi sendiri. Ditambah lagi, Indonesia harus bersaing dengan negara tetangga seperti Singapura,

Malaysia, dan Thailand yang sudah memiliki industri petrokimia lebih maju dan stabil.

1.7 Uraian Proses

Menurut (Europe Patent, 2020) reaksi yang memiliki selektivitas lebih dari 80% pada Fixed Bed Reactor berkatalis di konfigurasi dengan waktu tinggal rata – rata kurang dari atau sama dengan 24 detik terhadap aliran produk etilen oksida berfasa gas. Reaksi pembentukan Etilen Oksida dapat dilihat pada Gambar 1.5.

Reaksi pembentukan Etilen Oksida dapat dilakukan pada fase gas antara etilen dan oksigen dengan katalisator perak (Ag). Proses pembuatan etilen oksida secara garis besar dibagi menjadi tahap proses, yaitu:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku.
2. Tahap Produksi.
3. Tahap Purifikasi.

1. Persiapan Bahan Baku

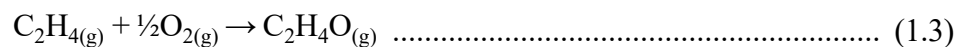
Proses produksi etilen oksida diawali dengan persiapan bahan baku utama, yaitu etilena dan oksigen. Etilena dalam fase cair disimpan pada suhu -45°C dengan tekanan 13 atm dalam tangki penyimpanan. Sebelum memasuki reaktor, etilena dipompa menuju heat exchanger untuk menaikkan suhunya menjadi 30°C dan tekanannya menjadi 17 atm. Setelah melewati heat exchanger, etilena berubah fase menjadi gas dan kemudian diarahkan ke dalam reaktor Plug Flow Reactor (PFR).

Sementara itu, oksigen dalam fase gas disimpan pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm. Untuk mencapai kondisi reaksi yang optimal, oksigen dikompresi hingga 17 atm sebelum diumpankan langsung ke dalam reaktor PFR. Oksigen ini akan bereaksi dengan etilena pada suhu tinggi untuk membentuk etilen oksida.

2. Proses Produksi

Reaksi utama dalam produksi etilen oksida berlangsung dalam Plug Flow Reactor (PFR) dengan katalis perak (Ag). Reaktor ini beroperasi pada tekanan 17 atm dan suhu 260°C untuk memastikan reaksi berlangsung dengan baik. Reaksi

utama yang terjadi adalah:



Konversi per-pass dalam reaktor dijaga sekitar 8-15% untuk mendapatkan yield tinggi, yaitu 75-82%, dengan kelebihan (excess) reaktan berupa etilena untuk mengurangi pembentukan produk sampingan yang tidak diinginkan. Setelah reaksi selesai, suhu campuran produk diturunkan menjadi 40°C menggunakan heat exchanger, lalu dialirkan ke absorber. Absorber digunakan untuk memisahkan kelebihan reaktan dari produk utama sebelum campuran ini diumpankan ke menara distilasi untuk pemurnian lebih lanjut.

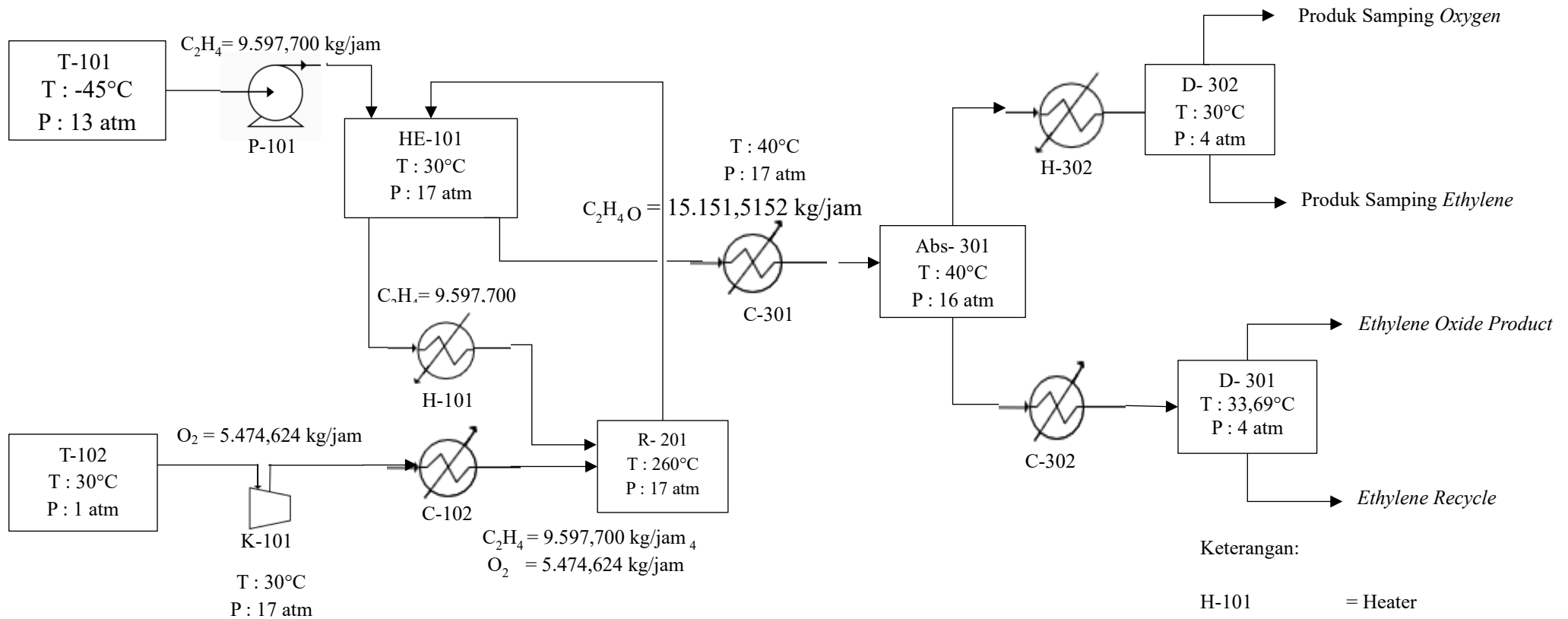
3. Proses Purifikasi

Setelah melewati tahap absorpsi, campuran gas yang mengandung etilen oksida dan zat pengotor dialirkan ke menara distilasi untuk pemurnian. Distilasi ini memisahkan etilen oksida dari komponen lain berdasarkan perbedaan titik didihnya. Etilen oksida sebagai produk utama diperoleh pada suhu 33,49°C dan tekanan 4 atm. Setelah pemisahan ini, etilen oksida murni dipindahkan ke tangki penyimpanan menggunakan pompa yang bekerja pada tekanan 4 atm dan suhu 33,69°C.

Penyimpanan etilen oksida memerlukan sistem keamanan tinggi karena sifatnya yang mudah menguap, beracun, dan reaktif. Tangki penyimpanan biasanya dilengkapi dengan sistem pendinginan dan ventilasi untuk mencegah akumulasi tekanan yang berbahaya. Dengan prosedur penyimpanan yang tepat, etilen oksida dapat tetap stabil hingga siap digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti pembuatan deterjen, pelarut, dan bahan kimia lainnya.

Perancangan pabrik etilen oksida dari etilen dan oksigen melibatkan beberapa tahapan proses yang kompleks, termasuk reaksi oksidasi etilen dengan oksigen untuk menghasilkan etilen oksida, yang dapat digambarkan dalam diagram alir kuantitatif dan diagram alir kualitatif.

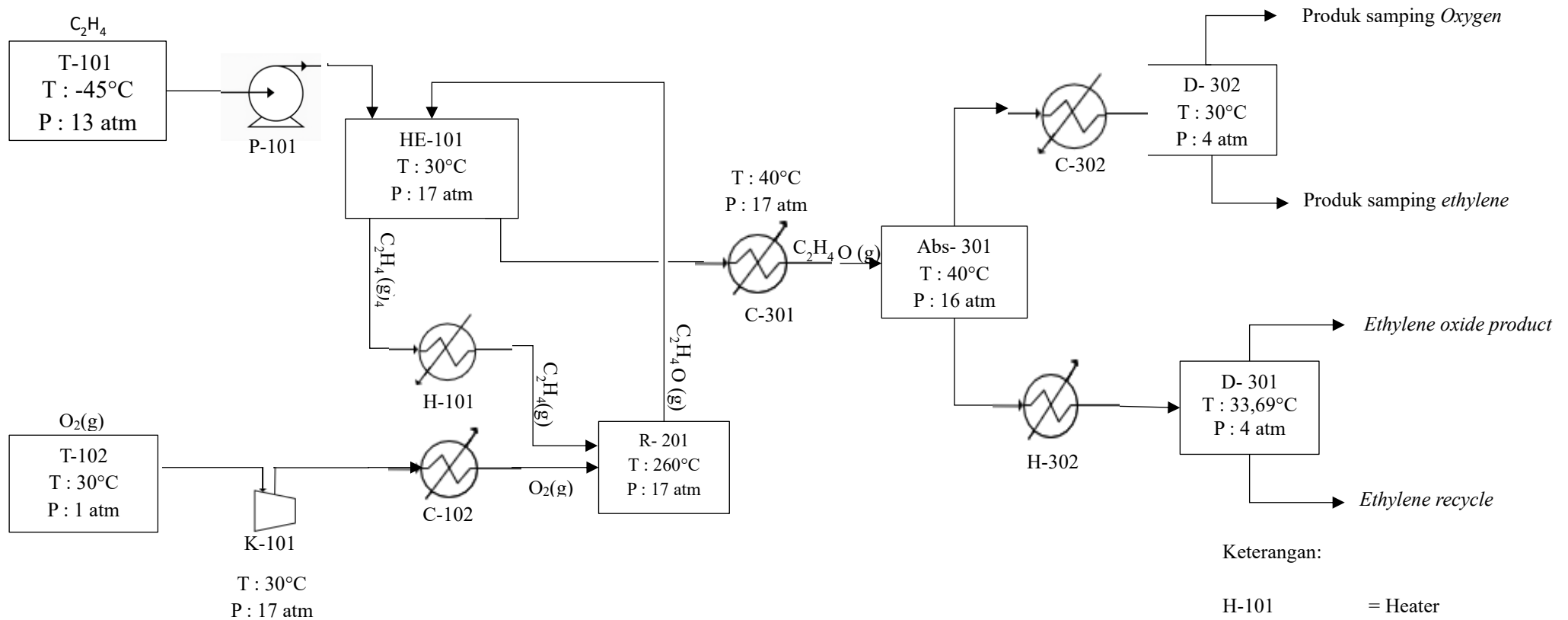
**DIAGRAM ALIR KUANTATIF PRARANCANGAN PABRIK ETILEN OKSIDA
DARI ETILEN DAN OKSIGEN DENGAN PROSES OKSIDASI LANGSUNG
DENGAN KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN**



Keterangan:

H-101	= Heater
H-302	= Heater
HE-101	= Heat Exchanger
C-301	= Cooler
C-302	= Cooler
P-101	= Pompa
P-102	= Pompa
R-201	= Reaktor
T-101	= Tangki
T-102	= Tangki
Abs-301	= Absorber

**DIAGRAM ALIR KUALITATIF PRARANCANGAN PABRIK ETILEN OKSIDA
DARI ETILEN DAN OKSIGEN DENGAN PROSES OKSIDASI LANGSUNG
DENGAN KAPASITAS 120.000 TON/TAHUN**

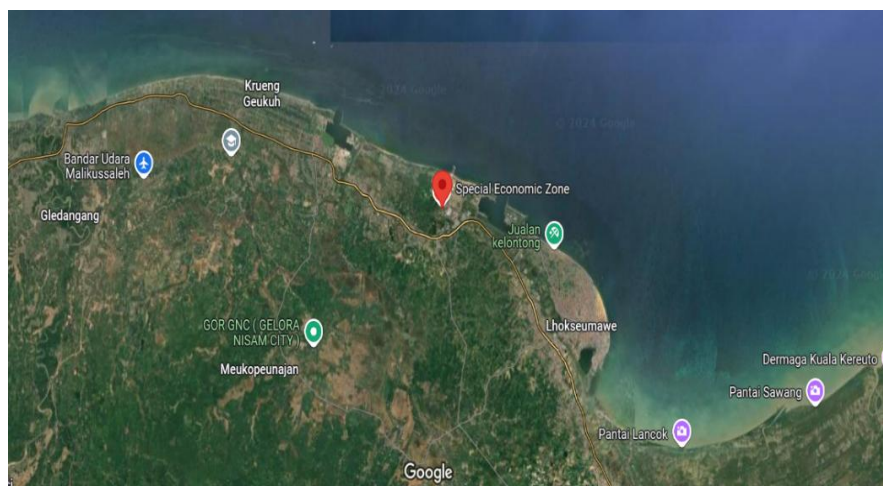


Keterangan:

H-101	= Heater
H-302	= Heater
HE-101	= Heat Exchanger
C-301	= Cooler
C-302	= Cooler
P-101	= Pompa
P-102	= Pompa
R-201	= Reaktor
T-101	= Tangki
T-102	= Tangki
Abs-301	= Absorber

1.7.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam perancangan suatu pabrik. Hal ini dikarenakan lokasi pabrik sangat mempengaruhi dan menentukan keberhasilan serta kelangsungan hidup suatu pabrik. Pemilihan lokasi yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sebelum pabrik didirikan perlu dilakukan pertimbangan-pertimbangan. Berdasarkan berbagai pertimbangan, pabrik etilen oksida direncanakan akan dibangun di Kota Lhokseumawe, Kabupaten Aceh Utara, tepatnya di kawasan Pusat Pertumbuhan (PP) KEK Arun.



Gambar 1.6 Lokasi Pabrik

Daerah Lhokseumawe, yang terletak di Aceh Utara, merupakan kawasan industri dan pelabuhan yang strategis di wilayah utara Pulau Sumatra. Kawasan ini dikenal sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Arun, yang merupakan salah satu kawasan industri terbesar di Sumatera Utara.

Kawasan ini memiliki beberapa kelebihan, seperti:

1. Akses yang mudah ke Pelabuhan Lhokseumawe, yang merupakan salah satu pelabuhan terbesar di Sumatera Utara.
2. Dekat dengan sumber daya alam, seperti minyak dan gas, yang merupakan bahan baku penting untuk industri.
3. Infrastruktur yang memadai, seperti jalan dan jaringan listrik, yang mendukung

kegiatan industri.

4. Potensi pasar yang besar, baik domestik maupun internasional, yang dapat dimanfaatkan oleh industri yang beroperasi di kawasan ini.

Dengan demikian, Kawasan Industri dan Pelabuhan Lhokseumawe merupakan lokasi yang strategis untuk mendirikan industri, termasuk pabrik etilen oksida, karena didukung infrastruktur Pelabuhan Lhokseumawe yang berfungsi sebagai gerbang ekspor-impor serta distribusi bahan baku dan produk. Pertimbangan-pertimbangan pemilihan lokasi pabrik dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu penyediaan bahan baku, pemasaran, utilitas, tenaga kerja dan transportasi.

1. Penyediaan bahan baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat diprioritaskan. Bahan baku utama pembuatan etilen oksida adalah etilen dan oksigen. Saat ini, PT Arun LNG di Lhokseumawe tidak lagi beroperasi sebagai kilang pengolahan gas alam menjadi produk seperti etilen, karena telah beralih fungsi menjadi fasilitas regasifikasi LNG. Oleh karena itu, pasokan etilen direncanakan akan diperoleh melalui pengiriman dari PT. Candra Asri Petrochemical yang memiliki fasilitas cracking, baik dari etana maupun nafta. Sedangkan untuk bahan baku pembantu oksigen diperoleh dari Air Separation Unit (ASU) yang beroperasi di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Arun, Lhokseumawe. Dengan pertimbangan dekat akan bahan baku tersebut maka biaya transportasi bahan baku dapat dihemat.

2. Pemasaran

Orientasi pemasaran ditujukan pada pemenuhan kebutuhan Etilen Oksida dalam negeri dan untuk ekspor. Lokasi pemasaran yang akan dijangkau akan berpengaruh pada biaya distribusi produk.

3. Utilitas

Di dalam suatu proses industri diperlukan air dalam jumlah yang cukup banyak. Oleh karena itu harus dipilih lokasi pabrik yang dapat dengan mudah

supply air dalam jumlah besar. Perlu diperhatikan sarana-sarana pendukung seperti tersedianya listrik dan sarana pendukung lainnya. Untuk kebutuhan listrik dapat dipenuhi dengan adanya jaringan PLN dan generator. Sedang kebutuhan air dapat dipenuhi oleh pihak pengelola kawasan industri.

4. Tenaga Kerja

Serang merupakan daerah yang tingkat kepadatan penduduk tinggi sehingga dapat menjamin penyediaan tenaga kerja dengan lembaga pendidikan formal maupun non formal yang cukup dan dapat membantu dalam penyediaan lapangan pekerjaan.

5. Transportasi

Transportasi sangat penting bagi suatu industri. Di daerah Lhokseumawe tersedia sarana transportasi yang cukup memadai, baik darat maupun laut, untuk keperluan transportasi import dan ekspor sehingga memudahkan pengangkutan bahan baku, bahan pembantu, dan produk