

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penyambutan era perdagangan bebas dan globalisasi, Indonesia harus mempersiapkan diri. Indonesia adalah negara berkembang yang telah mengalami banyak kemajuan dalam berbagai bidang, salah satunya adalah industri. Kemajuan ini diikuti oleh industrialisasi sebagai akibat dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Sampai saat ini, pertumbuhan industri di Indonesia terus meningkat, salah satunya adalah industri kimia, yang menghasilkan produk jadi dan produk antara yang dapat diproses lebih lanjut.

Pembangunan jangka panjang Indonesia adalah pembangunan dan pengembangan industri kimia. Tujuan dari pembangunan ini adalah untuk membangun struktur ekonomi yang lebih kuat, meningkatkan kemampuan negara untuk memenuhi kebutuhan bahan kimia domestik, dan memecahkan masalah ketenagakerjaan.

Berdasarkan proses produksinya, industri dibagi menjadi dua kelompok: industri hulu dan industri hilir. Industri hilir berinteraksi dengan industri hulu untuk mengolah beberapa produk menjadi bahan baku. Propilen glikol adalah salah satu produk dari industri hulu yang digunakan oleh industri hilir untuk menghasilkan produk. Dengan rumus kimia  $C_3H_8O_2$ , propilen glikol sering disebut sebagai 1.2-propanediol atau 1.2-propilen glikol, dan digunakan dalam sediaan farmasi sebagai humektan, pelarut, pelicin, dan menghentikan fermentasi dan perkembangan jamur, desinfektan, dan meningkatkan kelarutan (Weller, 1994). Propilen glikol juga dapat meningkatkan laju difusi dengan menambahnya pada sediaan topikal. Zat peningkat penetrasi adalah zat tambahan pada sediaan topikal yang dimaksudkan untuk meningkatkan jumlah zat yang terpenetrasi sehingga dapat digunakan dalam pengobatan sistemik melalui kulit. Zat peningkat penetrasi memiliki sejumlah syarat, termasuk tidak memiliki efek farmakologi, tidak menyebabkan iritasi atau reaksi toksik, dapat bercampur dengan banyak zat secara fisika dan kimia, dan dapat dibubarkan (Agoes, 1993).

Penelitian tentang cara membuat propilen glikol dari hidrolisis propilen oksida. Salah satu cara yang paling hemat biaya untuk membuat propilen glikol dalam industri adalah dengan menggunakan reaktor tangki berpengaduk kontinu tangki tunggal yang tidak isothermal, di mana reaksi terjadi pada suhu yang tidak melebihi 327 K. Proses hidrasi ini beroperasi dalam kondisi berikut: tekanan 21,7 bar, nilai  $E_a$  75,362 kJ/mol, arhenius  $4,71 \times 10^9$  1/jam, dan konversi reaksi yang dihasilkan 99% (Wordu, 2019).

Penelitian dilakukan dalam reaktor tangki berpengaduk kontinu mengenai standar stabilitas dan kondisi runway penting untuk produksi propilen glikol. Menunjukkan bahwa pada reaktor alir tangki berpengaduk, kondisi operasi untuk proses hidrasi propilen oksida dan air adalah sebagai berikut: suhu 348,23 K, tekanan 1 atm, nilai  $E_a$  32.400 Btu/lbmol, dan nilai Arhenius  $16,19 \times 10^{12}$  1/h. (Lopez dkk, 2015).

Penelitian dilakukan mengenai cara hidrasi propilen oksida baik dengan dan tanpa katalis. Kinetika hidrasi propilen oksida katalitik dan nonkatalitik dipelajari dalam reaktor kontinu. Baik reaksi katalitik maupun nonkatalitik dipelajari pada suhu 100–300°F. Rasio umpan adalah 2,5–10 lb air per lb propilen oksida. Dalam reaksi katalitik, banyaknya katalis asam sulfat hanya 0,25 persen dari total umpan. Selain itu, konsentrasi asam sulfatnya adalah 0,1% (Benham, 1955).

Beberapa penelitian di atas menggunakan bahan baku propilen oksida yang disimpan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm untuk menjaga propilen oksida tetap dalam fase cair. Air juga disimpan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Kami menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk dengan kondisi operasi 125°C dan tekanan 2 MPa.

Menurut data terbaru, kebutuhan propilen glikol di Indonesia sebesar 49.899 ton per tahun pada tahun 2023, menunjukkan bahwa ia memainkan peran yang signifikan dalam mendukung kehidupan sehari-hari. Sampai saat ini, Indonesia masih harus mengimpor barang dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Indonesia sendiri belum ada pabrik yang memproduksi propilen glikol.

Tetapi satu-satunya pabrik yang menjadi supplier atau distributor di Indonesia adalah PT. Samiraschem Indonesia, sehingga menurut Badan Pusat Statistik pada tahun 2023 data ekspor yang dihasilkan yaitu 229,543 ton/tahun. Sehingga pendirian pabrik propilen glikol memiliki peluang yang besar terhadap pasar dalam negeri. Pendirian pabrik propilen glikol ini akan membuka lapangan kerja baru dan menekan angka impor, sehingga mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi negara.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada Prarancangan Pabrik propilen glikol adalah sebagai berikut:

1. Apakah pembangunan pabrik propilen glikol memungkinkan memenuhi kebutuhan pasar di Indonesia?
2. Bagaimana ketersediaan bahan baku mendukung untuk produksi propilen glikol?
3. Apakah pabrik propilen glikol dengan kapasitas 60.000 ton/tahun memenuhi kebutuhan kapasitas di Indonesia?
4. Apakah dengan proses hidrasi propilen oksida dapat menghasilkan produk propilen glikol dengan kapasitas 60.000 ton/tahun?

## **1.3 Tujuan Perancangan Pabrik**

Tujuan dari perancangan pabrik propilen glikol adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa kelayakan pendirian pabrik propilen glikol dengan proses hidrasi propilen oksida
2. Menerapkan disiplin ilmu dibidang keteknik kimia, khususnya mata kuliah Prarancangan Pabrik Kimia, Neraca Massa, Neraca Energi, Operasi Teknik Kimia dan disiplin ilmu lainnya
3. Memenuhi kebutuhan propilen glikol didalam negeri dan luar negeri.

## **1.4 Manfaat**

Manfaat rancangan pabrik propilen glikol dari propilen oksida dan air adalah sebagai berikut:

1. Membuka lapangan pekerjaan dan mensejahterakan kehidupan masyarakat
2. Membantu pabrik-pabrik di Indonesia yang menggunakan propilen glikol sebagai bahan baku, sehingga tidak diperlukan impor.

### 1.5 Batasan Masalah

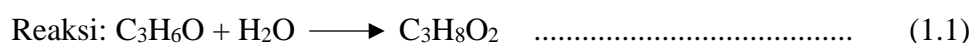
Batasan masalah dalam prarancangan ini hanya mencakup pada kapasitas pabrik dan penyusun membatasi hanya pada *flowsheet (Steady State)* pabrik propilen glikol (*Propylene Glycol*) dengan proses Hidrasi Propilen Oksida, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, analisa ekonomi, unit utilitas, *Fusion, AutoCAD P&IDE Drawing, Plot Plant* dan tugas khusus.

### 1.6 Pemilihan Proses

Proses pembuatan propilen glikol adalah suatu rangkaian langkah melibatkan beberapa jenis metode dan pemilihan metode ini sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti sumber bahan baku yang tersedia, kebutuhan industri dan pertimbangan lingkungan. Adapun metode yang dapat digunakan dalam pembuatan propilen glikol, yaitu hidrasi propilen oksida, propilen glikol dari gliserol dan hidrogenolis sorbitol.

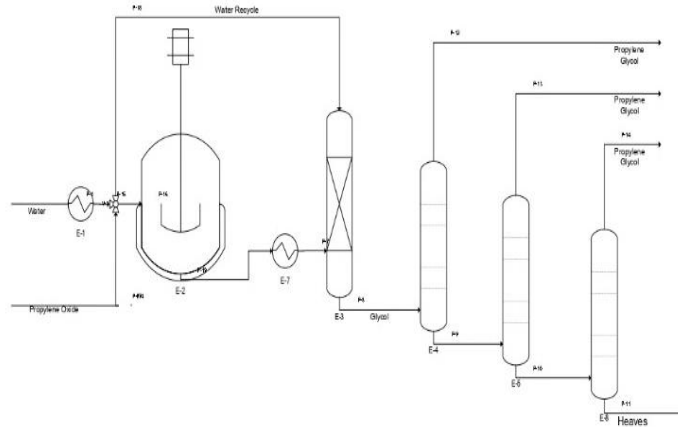
#### 1.1.1 Hidrasi Propilen Oksida

Propilen oksida dan air dipompa menuju reaktor dengan perbandingan rasiomolar 1:1. Reaksi dalam reaktor berlangsung pada fase cair, hasil reaksi berupa propilen glikol, dipropilen glikol dan tripopilen glikol serta air sisa reaksi. Pemisahan awal dengan evaporator dilakukan untuk memisahkan sebagian air sisa reaksi, kemudian dimurnikan lebih lanjut dengan proses distilasi. Kondisi reaktor hidrasi adalah suhu 125°C pada tekanan 19,74 atm. Reaksi berjalan secara eksotermis. Perbandingan rasio produk yang dihasilkan yaitu sebesar 100:10:1. Kemurnian propilen glikol yang didapat sebesar 99,5% dengan konversi 90% (Ullmanns, 2005). Proses Hidrasi Propilen Oksida direaksikan dengan air, ditunjukkan pada Persamaan 1.1



Analisa *Flowsheet* Dasar Hidrasi Propilen Oksida dapat dilihat pada

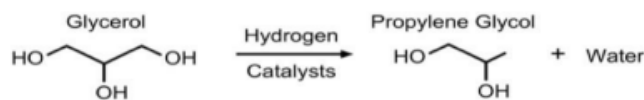
Gambar 1.1



**Gambar 1.1** Flowsheet Dasar Hidrasi Propilen Oksida (Ullmans, 2005)

### 1.1.2 Propilen Glikol dari Gliserol

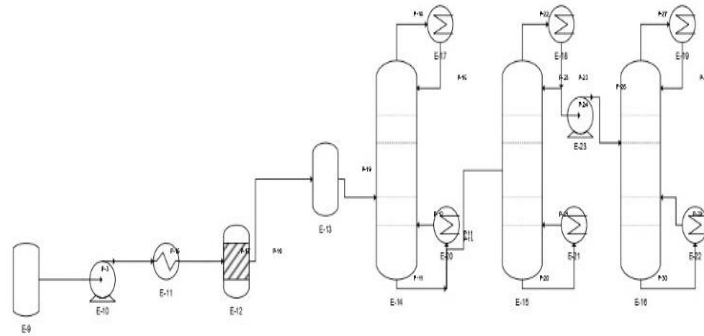
Proses komersial pembuatan propilen glikol dari gliserol melibatkan 2 tahap, mendehidrasi gliserol menjadi aseton, lalu menghidrogenasi karbonil intermediet menjadi propilen glikol. Penggunaan katalis Ru dengan kondisi operasi pada suhu 210°C dan tekanan 34,023 atm selama 5 jam menggunakan reaktor *fixed bed*. Menghasilkan konversi propilen glikol sebesar 64 % (Alhanash dkk. 2008). Proses propilen glikol dari gliserol, ditunjukkan pada Persamaan 1.2



Reaksi ..... (1.2)

Percobaan yang telah dilakukan Ajay Kumar Dalai, Rajesh Vishnudev Sharma, Pardeep Kumar, katalis hanya menunjukkan penurunan aktivitas 10 - 15% bahkan setelah empat putaran tanpa mempengaruhi selektivitas Propilen glikol. Reaksi kontinu dilakukan dalam reaktor katalitik dengan larutan gliserol sebesar 80% berat. Pada suhu 235°C, dengan tekanan hidrogen 800 psi, katalis Cu : Zn : Cr : Zr dengan perbandingan molar unsur 3 : 2 : 1 : 3 menghasilkan Propilen glikol

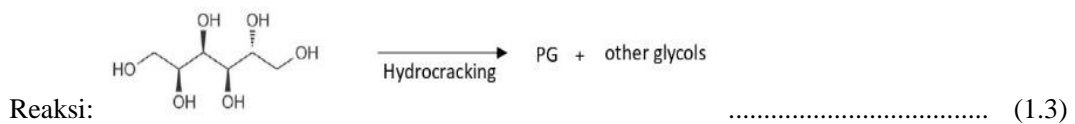
sebesar 64% (Sharma dkk, 2014). Analisa *Flowsheet* Dasar pembuatan Propilen Glikol dengan Gliserol dapat dilihat pada Gambar 1.2



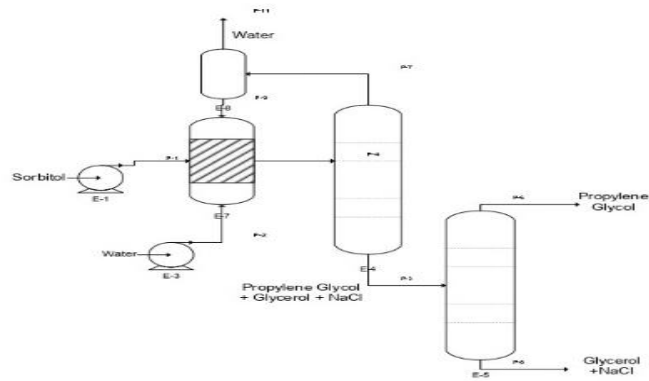
**Gambar 1.2** *Flowsheet* Dasar Pembuatan Propilen Glikol dengan Gliserol (Ullmans, 2005)

### 1.1.3 Hidrogenolis sorbitol

Proses hidrogenolis sorbitol dapat dilakukan pada suhu 220°C dengan tekanan sebesar 60 atm menggunakan reaktor *batch*. Hidrogenolis sorbitol menggunakan katalis Ru didukung pada karbon nanofiber dan grafit menghasilkan konversi sebesar 68% dan selektivitas propilen glikol 79%. Jenis jenis katalis yang digunakan pada proses *hydrogenolysis* sorbitol adalah Ni, Ru, dan Pt (Zhao dkk, 2010). Proses hidrogenolis sorbitol, ditunjukkan pada Persamaan 1.3



Analisa *Flowsheet* Dasar pembuatan Propilen Glikol dengan sorbitol dapat dilihat pada Gambar 1.3



**Gambar 1.3** Flowsheet Dasar Pembuatan Propilen Glikol dengan Sorbitol (Ullmans, 2005)

Perbandingan beberapa proses pembuatan propilen glikol dapat dilihat dalam Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Perbandingan Proses Pembuatan Propilen Glikol

Kriteria	Hidrasi propilen oksida	Hidrogenolisis gliserol	Hidrogenolisis sorbitol
Tekanan (atm)	19,74	34,023	59,2154
Suhu (°C)	125	210	220
Katalis	Tanpa Katalis	Cu-ZnO- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ni, Pt dan Ru
Fase reaksi	Cair – cair	Cair - cair	Cair – cair
Reaktor	Agitated	Fixed bed	Batch
Konversi (%)	90	64	68
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kebutuhan air untuk proses yang banyak</li> <li>- Waktu reaksi berjalan lambat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Katalis yang digunakan cukup mahal</li> <li>- Tekanan dan temperatur tinggi</li> <li>- Biaya produksi lebih mahal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Katalis yang digunakan mahal</li> <li>- Tekanan dan temperatur tinggi</li> <li>- Biaya produksi mahal</li> <li>- Konversi rendah</li> <li>- Waktu reaksi lama</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tekanan dan temperatur rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bahan baku (gliserol) mudah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bahan baku (sorbitol) mudah didapat</li> </ul>

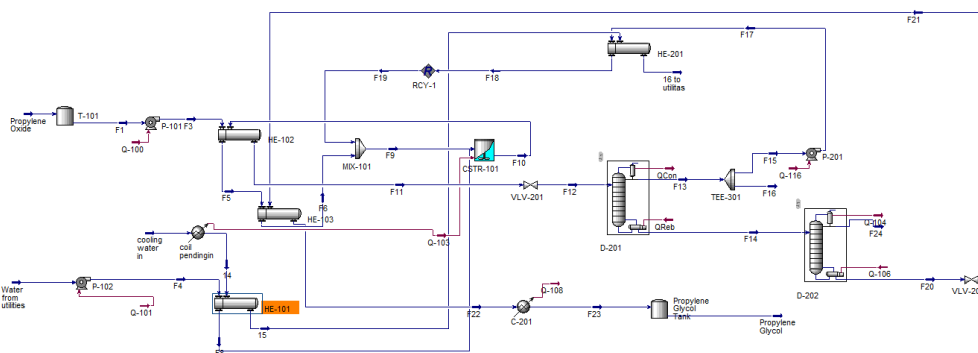
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limbah yang dihasilkan dalam proses ini sedikit</li> <li>- Biaya produksi rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- diperoleh</li> <li>- Waktu reaksi berjalan cepat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Harga bahan baku (sorbitol) terjangkau</li> </ul>
-----------	--	--	--

Berdasarkan perbandingan proses pembuatan pada Tabel 1.1 maka pembuatan propilen glikol dipilih metode hidrasi Propilen Oksida dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Kondisi operasi (suhu 125 °C dan tekanan 19,74 atm) yang rendah
2. Bahan baku yang murah dan mudah didapat
3. Konversi tinggi (90%)
4. Tidak menggunakan energi yang besar

### 1.7 Uraian Proses

Proses pembuatan propilen glikol menggunakan metode hidrasi propilen oksida terdiri dari tiga tahap yaitu persiapan bahan baku, tahap reaksi dan tahap pemurnian produk. Setiap tahap memiliki peran yang sangat penting untuk mendapatkan kualitas hasil akhir produk yang diinginkan. Analisa *Flowsheet* Hidrasi Propilen Oksida dapat dilihat pada Gambar 1.4



**Gambar 1.4** *Flowsheet* Pembuatan Propilen Glikol dari Propilen Oksida

#### 1.7.1 Tahap Penyimpanan Bahan Baku

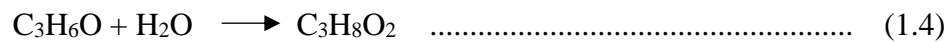
Salah satu bahan baku untuk memproduksi propilen glikol adalah propilen



oksida. Propilen oksida disimpan pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm . Hal ini dilakukan agar propilen oksida tetap dalam fase cair. Sedangkan untuk air disimpan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Propilen oksida diperoleh dengan kemurnian 99% . Propilen oksida dari (V-100) dan air dari (V-101) dipompa untuk menaikkan tekanan menjadi 19,74 atm dan di alirkan menuju *heat exchanger* untuk menaikkan suhu menjadi 125°C. Hasil keluaran dialirkan ke reaktor (CSTR -100). Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan dengan kondisi operasi reaktor.

### 1.7.2 Tahap Reaksi Dalam Reaktor

Umpan masuk reaktor terdiri dari arus umpan dari tangki propilen oksida (V-100) dan tangki air (V-101). Rasio mol propilen oksida dan air yang digunakan adalah 1: 1 dari mol total umpan masuk. Konversi reaksi yang terjadi sebesar 90%. Reaktor yang digunakan dalam proses pembuatan propilen glikol adalah *Continuous stirred tank reactor* (CSTR) dengan kondisi operasi pada suhu 125°C dan tekanan 19,74 atm. Proses propilen glikol dari hidrasi propilen oksida, ditunjukkan pada Persamaan 1.4



Reaksi pembentukan propilen glikol merupakan reaksi eksotermis, sehingga dalam proses reaksinya diperlukan pendingin agar kondisi operasi dapat terjaga sesuai yang diinginkan. Pendingin yang digunakan adalah jaket pendingin dengan media pendinginnya adalah air.

### 1.7.3 Tahap Pemurnian Produk

Proses ini berfungsi memisahkan propilen glikol dari impuritis lainnya untuk mendapatkan propilen glikol dengan kemurnian 99%. Tahap pemurnian produk ini terdiri dari hasil reaksi dari reaktor (CSTR-100) dialirkan ke menara distilasi (D-300) untuk dipisahkan sebagian propilen oksida sisa dan air dari propilen glikol. Produk atas dari menara distilasi (D-300) dikembalikan ke reaktor untuk memanfaatkan sisa propilen oksida sedangkan keluaran air di alirkan ke utilitas. Produk bawah dari menara distilasi (D-300) berupa produk murni yaitu propilen glikol kemudian disimpan didalam tangki (T-301) untuk siap dipasarkan.

#### 1.7.4 Penentuan Kapasitas Prarancangan Pabrik

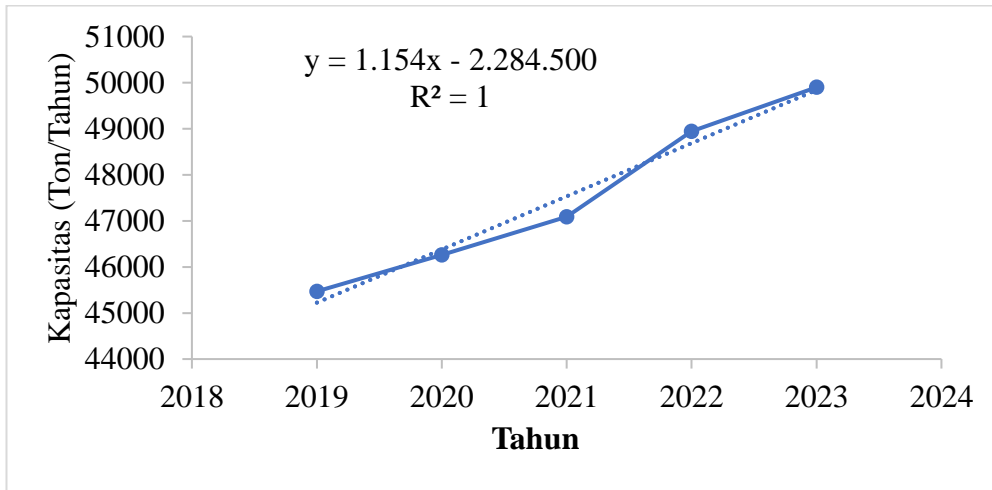
Kebutuhan Propilen Glikol di Indonesia masih di Impor dari Negara-negara lain. Hal ini disebabkan karena belum adanya pabrik Propilen Glikol yang berdiri di Indonesia. Pabrik di Indonesia yang berbahan baku propilen glikol yaitu, PT. Petrokimia Gresik dan PT. Trans-Pacific Petrochemical Indotama. Kapasitas produksi suatu pabrik akan mempengaruhi potensi kebutuhan Propilen Glikol 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. Penentuan kapasitas pabrik ditentukan berdasarkan jumlah kebutuhan dalam negeri. Data tersebut diperoleh berdasarkan kebutuhan impor propilen glikol pada tahun 2019-2023 yang diperlihatkan pada Tabel 1.2.

**Tabel 1.2** Kebutuhan Impor Propilen Glikol Dalam Negeri

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah (Ton/Tahun)</b>
2019	45.469
2020	46.264
2021	47.085
2022	48.943
2023	49.899

**Sumber:** Bps.go.id, Badan Pusat Statistik, 2019-2023

Berdasarkan Tabel 1.2 maka dibuat suatu persamaan linier untuk memperkirakan kebutuhan propilen glikol pada tahun 2028 seperti pada Gambar 1.4



**Gambar 1.4** Grafik Kebutuhan Impor Propilen Glikol di Indonesia

Gambar 1.4 terlihat bahwa kebutuhan konsumen akan propilen glikol terus meningkat tiap tahunnya. Hal ini tentu menyebabkan kebutuhan akan propilen glikol pada masa yang akan datang juga akan terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan industri yang menggunakan bahan baku akan propilen glikol. Untuk menghitung kebutuhan propilen glikol pada tahun 2028 digunakan persamaan pada Gambar 1.3. Sehingga kebutuhan propilen glikol dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = a(x) + b \dots\dots\dots (1.5)$$

$$y = 1.154(x) - 2.284.500$$

$$y = 1.154(2024) + 2.284.500$$

$$y = 51.196$$

Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan Propilen Glikol di Indonesia pada tahun 2024 adalah sebesar 51.196 ton/tahun. Hasil perhitungan untuk tahun berikutnya diperlihatkan pada Tabel 1.3.

**Tabel 1.3** Data Ekstrapolasi Kebutuhan Propilen Glikol di Indonesia

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah (Ton/Tahun)</b>
2024	51.196
2025	52.350
2026	53.504

2027	54.658
2028	55.812

Selain itu ada beberapa pabrik yang memproduksi propilen glikol yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan didunia. Pabrik yang memiliki kapasitas terbesar yaitu ARCO Chemical Company dengan jumlah 163.000 ton/tahun sedangkan pabrik yang memiliki kapasitas terkecil yaitu Olin Corporation dengan jumlah 32.000 ton/tahun. Data kapasitas pabrik yang telah berdiri di beberapa negara dapat kita lihat pada Tabel 1.4.

**Tabel 1.4** Data Kapasitas Produksi Pabrik Propilen Glikol Di Beberapa Negara

<b>Produsen</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
<i>ARCO Chemical Company</i>	Bayport, Texas	163.000
<i>Dow Chemical</i>	1. Freeport, Texas 2. Plaquemine, Los Angeles	113.000 68.000
<i>Eastmen Chemical Company</i>	S.Charleston, West virginia,USA	36.000
<i>Olin Corporation</i>	Brandenburg, Kentucky, USA	32.000
<i>Texaco Chemical Company</i>	Beaumont, Texas, USA	68.000

**Sumber:** Echemi.com, 2024

Berdasarkan data konsumsi dan produksi dari beberapa negara, maka propilen glikol direncanakan akan beroperasi dengan kapasitas 60.000 ton/tahun. Dimana produk propilen glikol ini akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia. Kapasitas perancangan pabrik propilen glikol ini sengaja ditetapkan sebesar itu dengan harapan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan propilen glikol dalam negeri yang terus meningkat setiap tahun, serta mengurangi ketergantungan pada negara lain.
2. Dapat memberikan kesempatan bagi berdirinya industri-industri lain yang menggunakan propilen glikol sebagai bahan baku. Dan dampak positif dari berkembangnya industri-industri baru tersebut adalah dapat menyerap banyak

tenaga kerja dan mengurangi angka pengangguran di Indonesia.

3. Apabila terpenuhi kebutuhan dalam negeri dapat menambah devisa negara

### 1.7.5 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika berfungsi untuk penentuan sifat reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis. Hidrasi propilen oksida menjadi propilen glikol berlangsung satu arah (*irreversible*), karena harga kesetimbangan (K) sangat besar. Harga konstanta kesetimbangan dapat dievaluasi menggunakan data termodinamika energi bebas gibbs, sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1.5.

**Tabel 1.5** Harga  $\Delta H^\circ$   $\Delta G^\circ_f$  masing-masing komponen

Komponen	$\Delta H^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	-92,76	-25,77
H <sub>2</sub> O	-241,8	-228,60
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	-421,5	-304,48

Sumber: Yaws, 1999

1. Panas reaksi standar ( $\Delta H^\circ_{298}$ )

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{298} &= \sum \Delta H^\circ_{\text{(produk)}} - \sum \Delta H^\circ_{\text{(reaktan)}} \\ &= -421,5 \text{ kJ/mol} - (-92,76 \text{ kJ/mol} + (-241,8 \text{ kJ/mol})) \\ &= -86,94 \text{ kJ/mol} \\ &= -86.940 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

2. Energi gibbs standar ( $\Delta G^\circ_f$ )

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{f\ 298} &= \sum \Delta G^\circ_{f\ \text{(produk)}} - \sum \Delta G^\circ_{f\ \text{(reaktan)}} \\ &= -304,48 \text{ kJ/mol} - (-25,77 \text{ kJ/mol} + (-228,60 \text{ kJ/mol})) \\ &= -50,11 \text{ kJ/mol} \\ &= -50.110 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Harga  $\Delta G$  yang bernilai negatif, menunjukkan reaksi dapat terjadi secara spontan dan dari harga  $\Delta H$  yang bernilai negatif, sehingga reaksi merupakan reaksi eksotermis yang berarti terjadi pengeluaran panas

$$\Delta G^\circ_f = -RT \ln K$$

Keterangan:

$$\Delta G^\circ_f = \text{Energi bebas gibbs pada keadaan standar (25}^\circ\text{C, 1 atm)}$$

R = Konstanta (8,314 J/mol K)

T = Suhu standar (K)

K = Konstanta kesetimbangan

$$\Delta G^{\circ}_f 298 = -50.110 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^{\circ}_f = -RT \ln K$$

$$-50.110 \text{ J/mol} = -(8,314 \text{ J/mol K})(298 \text{ K}) \ln K$$

$$\ln K = \frac{50.110 \text{ J/mol}}{(8,314 \text{ J/mol K})(298 \text{ K})} = 20,225$$

$$K = 6,0785 \times 10^8$$

Karena harga K yang sangat besar, maka reaksi produksi propilen glikol merupakan reaksi searah (*irreversible*).

### 1.7.6 Uji Ekonomi Awal

Kapasitas pasbrik 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 1.6.

**Tabel 1.6** Uji Ekonomi Awal

Bahan Baku	BM	Harga (Rp/Kg)
Propilen Glikol	76,10	33.000
Propilen Oksida	58,08	10.648,82
Air	18,02	0

**Sumber:** Chemanalyst, 2023

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

Bahan baku:

Propilen Oksida = 1 mol

$$= 1 \text{ mol} \times 58,08 \text{ g/mol}$$

$$= 0,05808 \text{ kg}$$

$$= 0,05808 \text{ kg} \times \text{Rp. } 10.648$$

$$= \text{Rp. } 618,4358$$

Air (H<sub>2</sub>O) = 1 mol

$$= 1 \text{ mol} \times 18.02 \text{ g/mol}$$

$$= 18.02 \text{ g/mol}$$

$$= 0.018 \text{ kg}$$

$$= 0.018 \text{ kg} \times \text{Rp. } 0$$

$$= \text{Rp. } 0$$

Konversi Produk

Propilene glikol = 1 mol

$$= 1 \text{ mol} \times 76,10 \text{ g/mol}$$

$$= 76,10 \text{ g/mol}$$

$$= 0,0761 \text{ kg}$$

$$= 0,0761 \times \text{Rp. } 33.000$$

$$= \text{Rp. } 2.511,3$$

Analisa Ekonomi /mol = Harga Produk – Harga Bahan Baku

$$= \text{Rp. } 2.511,3 - (\text{Rp. } 618,4358)$$

$$= \text{Rp. } 1.892,8642$$

Net Profit Margin =  $\frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\%$

$$= \frac{1.892,8642}{618,4358} \times 100\%$$

$$= 306,0728 \%$$

### 1.7.7 Pemilihan 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 beberapa pertimbangan maka pabrik propilen glikol ini direncanakan akan didirikan di Jl. Patimura 205, Kabil, Kecamatan Sagulung, Kota Batam, Kepulauan Riau. Peta lokasi dapat dilihat pada

Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Peta Lokasi Pabrik

Pertimbangan-pertimbangan pemilihan lokasi pabrik dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, 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 propilen glikol adalah propilen oksida dan air. Propilen oksida diimpor dari Shell Chemicals Seraya Pte Ltd, Singapura. Dengan pertimbangan dekat akan bahan baku tersebut maka biaya transportasi bahan baku dapat dihemat.

### 2. Pemasaran

Orientasi pemasaran ditujukan pada pemenuhan kebutuhan Propilen Glikol dalam negeri dan untuk ekspor. Daerah pemasaran sebagian besar berada di luar daerah Batam sehingga harus ditempuh terutama lewat jalur laut. Hal ini tidak menjadi masalah karena propilen glikol adalah bahan baku yang sangat dibutuhkan bagi banyak industri terutama di Pulau Jawa yang selama ini penyediaannya sangat tergantung pada impor. Adapun kegunaan propilen glikol dalam dunia industri cukup luas antara lain: sebagai obat-obatan, dalam industri kosmetik sebagai pelembab, dan juga berguna dalam industri farmasi untuk formula obat.



### **3. Utilitas**

Hal lain yang mendukung pemilihan pabrik di daerah Batam ini adalah dekat dengan sumber air. Untuk kebutuhan air pendingin, pemadam kebakaran dan air sanitasi dapat diperoleh dari Sungai Pelunggut, Kabupaten Sagulung dengan debit 59.700 m<sup>3</sup>/detik yang di olah atau diproses pada pabrik di unit utilitas. 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**

Batam merupakan daerah yang tingkat kepadatan penduduk tinggi sehinggadapat 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. Didaerah Batam tersedia sarana transportasi yang cukup memadai, baik darat maupun laut, untuk keperluan transportasi import dan eksport sehingga memudahkan pengangkutan bahan baku, bahan pembantu, dan produk.