

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia khususnya industri kimia terus mengalami peningkatan. Meskipun sempat dilanda krisis ekonomi sampai saat ini, namun dengan usaha-usaha tertentu yang dilakukan pemerintah, sektor ini mulai bangkit lagi. Dengan bangkitnya sektor ini, maka peningkatan unsur-unsur penunjang industri juga makin meningkat, termasuk bahan-bahan pembantu dan penunjang. Kebutuhan berbagai bahan baku dan bahan penunjang di Indonesia masih banyak didatangkan dari luar negeri. Jika bahan baku dan bahan penunjang ini bisa dihasilkan di dalam negeri, hal ini tentunya akan menghemat pengeluaran devisa, meningkatkan ekspor dan mengembangkan penguasaan teknologi.

Etilen glikol adalah salah satu bahan kimia yang jumlahnya belum mencukupi kebutuhan industri di Indonesia. Etilen glikol diproduksi dengan hidrolisis etilen oksida dan air tanpa menggunakan katalis pada media yang netral. Reaksi hidrolisis antara etilen oksida dengan air ini, selain menghasilkan etilen glikol yang sangat tinggi. Selektivitas glikol secara tepat dapat dilakukan dengan pengontrolan variasi rasio antara etilen oksida dan sejumlah besar air yang berlebih (Kirk-Othmer, 1999).

Etilen glikol itu sendiri sebagian besar digunakan sebagai bahan baku industri poliester. Poliester yang merupakan senyawa polimer jenis thermoplastik ini digunakan sebagai bahan baku industri tekstil dan plastik. Disamping dapat dibuat serat yang kemudian dipintal menjadi benang, juga bisa dibuat langsung menjadi benang *filament* untuk produk tekstil. Selain itu, poliester ini dapat juga dibentuk (dicetak) sebagai bahan *molding* seperti pada pembuatan botol plastik. Kegunaan lain dari etilen glikol ini adalah sebagai bahan baku tambahan pada pembuatan cat, cairan rem, solven, alkali resin, tinta cetak, tinta *ballpoint*, *foam stabilizer*, kosmetik, dan bahan anti beku (Ullmann, 2005).

Etilen glikol digunakan hampir diseluruh bagian dunia, termasuk Indonesia. Permintaan pasar Indonesia terhadap etilen glikol pada tahun 2021 adalah sebesar

471.882 ton per tahun (Badan Pusat Statistik, 2022). Oleh karena itu, Prarancangan pabrik etilen glikol ini direncanakan akan berproduksi dengan kapasitas 250.000 ton/tahun.

1.2 Rumusan Masalah

Kebutuhan Etilen glikol di Indonesia belum dapat terpenuhi, indonesia masih mengimpor dari negara-negara lain. Maka dari itu perlu dirancang pabrik Etilen glikol, sehingga dapat menanggulangi kebutuhan Etilen glikol di dalam negeri serta meningkatkan nilai ekonomis dari Etilen glikol dengan biaya yang rendah dibandingkan dengan proses lain, maka perlu dirancang pabrik Etilen glikol dari Etilen oksidasi yang direaksikan dengan air.

1.3 Tujuan Pra Rancangan

Secara umum, tujuan prarancangan pabrik etilen glikol adalah menerapkan disiplin ilmu Teknik Kimia khususnya di bidang perancangan, proses dan operasi teknik kimia sehingga dapat memberikan gambaran kelayakan pra rancangan pabrik etilen glikol. Secara khusus, tujuan pra rancangan pabrik ini adalah untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri akan etilen glikol sehingga dapat mengurangi ketergantungan impor Indonesia serta menjadi pemasok etilen glikol bagi Negara lain untuk menambah devisa Negara sekaligus membuka lapangan pekerjaan baru.

1.4 Manfaat Pra Rancangan

Manfaat dari prarancangan pabrik pembuatan etilen glikol adalah memberikan gambaran kelayakan dari segi rancangan dan ekonomi pabrik sehingga akan mendukung pertumbuhan industri di Indonesia. Hal ini, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan etilen glikol dalam negeri yang diperkirakan semakin meningkat. Manfaat lain yang ingin dicapai adalah dapat meningkatkan devisa Negara sekaligus membantu pemerintah untuk menanggulangi masalah pengangguran di Indonesia yaitu dengan menciptakan lapangan kerja baru demi kesejahteraan rakyat.

1.5 Batasan Masalah

Penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik etilen glikol ini, penyusun membatasi pada pemilihan proses, uraian proses, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, tugas khusus, unit utilitas, Kapasitas Prarancangan Pabrik dan analisa ekonomi.

1.6 Pemilihan Proses

Macam-macam Proses Pembuatan Etilen Glikol

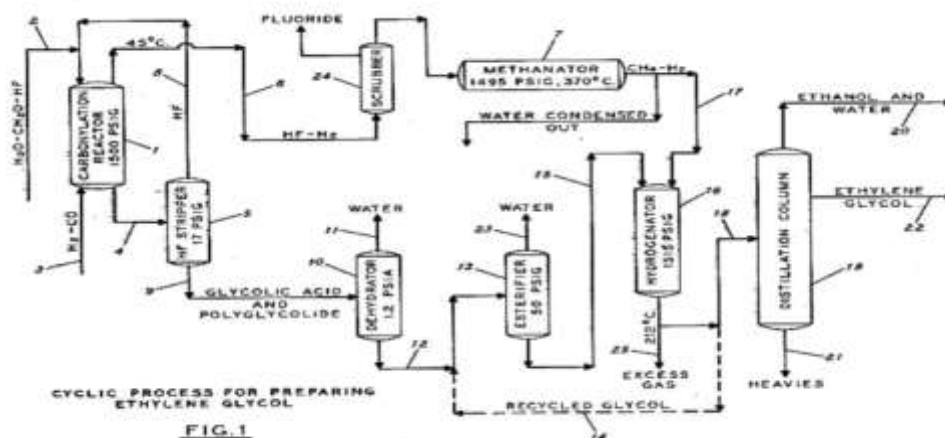
Pada tahun 1937 oleh *Lefort* dari etilen oksida menjadi etilen glikol berdasarkan reaksi hidrolisis. Dalam perkembangannya pembuatan etilen glikol dapat diproduksi menggunakan beberapa proses lain (Kirk-Othmer, 1999).

1.6.1 Proses Du Pont Formaldehid

Pada proses Du Pont, formaldehid bereaksi dengan karbon monoksida dan air, yang dijalankan pada suhu sekitar 200°C dan tekanan 700 atm, untuk memproduksi *glikolic acid* (90-95%). Formaldehida atau turunannya telah diteliti untuk menghasilkan asam glikolat dan ester/eternya yang dapat dengan mudah diubah menjadi etilen glikol. *Glikolic acid* diesterifikasi dengan metanol atau n-propanol, dan alkyl *glikolate* dihidrogenasi pada fase uap pada suhu 200°C dan tekanan 30 atm menggunakan katalis kromat untuk menghasilkan etilen glikol dan alkohol. Alkohol kemudian dikembalikan ke langkah esterifikasi. Reaksi hidrogenasi juga dapat dijalankan pada fase dan tekanan sampai dengan 40 atm menggunakan katalis magnesia-copper oxide. Produk yang diperoleh minimal sebanyak 75%.

Dupont mempraktikkan proses ini secara komersial dengan hasil etilen glikol lebih tinggi dari 96% menggunakan H₂SO₄ sebagai katalis. Namun, reaksi dilakukan pada kondisi reaksi 900 atm CO dan suhu antara 130 dan 200 °C. Adapun reaksinya sebagai berikut:

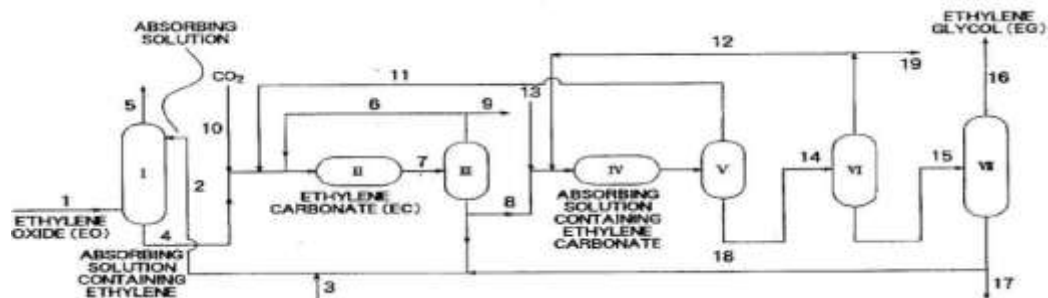




Gambar 1.1 Flow Diagram Pembuatan Etilen Glikol Dengan Proses Du Pont Formaldehid

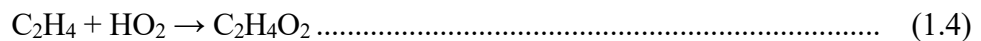
1.6.2 Proses Hidrolisis

Etilen glikol dapat diproduksi dengan mereaksikan etilen oksida dengan karbondioksida membentuk etilen karbonat yang selanjutnya dihidrolisis menjadi etilen glikol. Sebelum proses tersebut, terlebih dahulu melalui proses oksidasi langsung etilen menghasilkan etilen oksida yang kemudian diabsorpsi oleh suatu larutan absorben sebelum memasuki unit karbonasi. Keluaran dari menara absorpsi direaksikan dengan karbondioksida kemudian dikonversi menjadi etilen karbonat yang kemudian masuk ke unit hidrolisis untuk membentuk etilen glikol. Keuntungan yang paling signifikan pada proses ini yaitu konversi etilen oksida menjadi etilen glikol yang hampir sempurna dimana hanya sekitar 1% dihasilkan dietilen glikol dan senyawa glikol lain (Kirk dan Othmer, 1999).

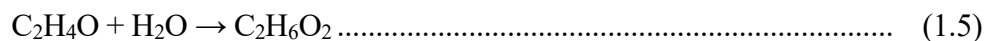


Pada proses hidrolisis bereaksi etilen karbonat dan air dijalankan pada suhu sekitar 150°C dan tekanan 14,261 atm untuk memproduksi etilen glikol dengan *yield* 93,04% dan konversi 92,61%. Pada suhu dan tekanan yang lebih tinggi tersebut dapat meningkatkan selektivitas menjadi 89-91% (Kirk dan Othmer, 1999).

Etilena → Etilena Oksida

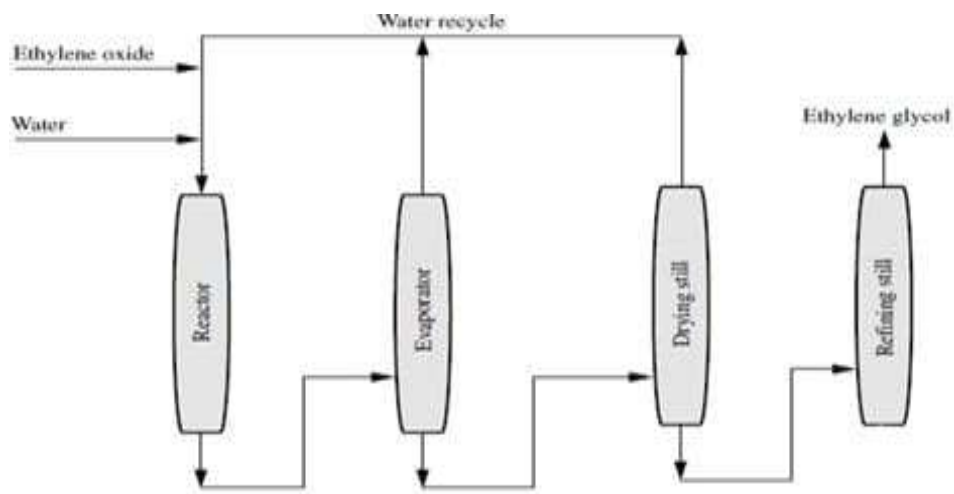


Etilena Oksida → Etilen Glikol



1.6.3 Hidrasi Etilen Oksida

Berikut flow diagram produksi etilen glikol dengan proses hidrasi etilen oksida:



Gambar 1.3 Flow Diagram Pembuatan Etilen Glikol Dengan Hidrasi Etilen Oksida



Proses ini biasanya dikatalisis oleh asam (H⁺) atau basa (OH⁻) untuk meningkatkan laju reaksi.

Di mana reaksi ini ada tiga cara.

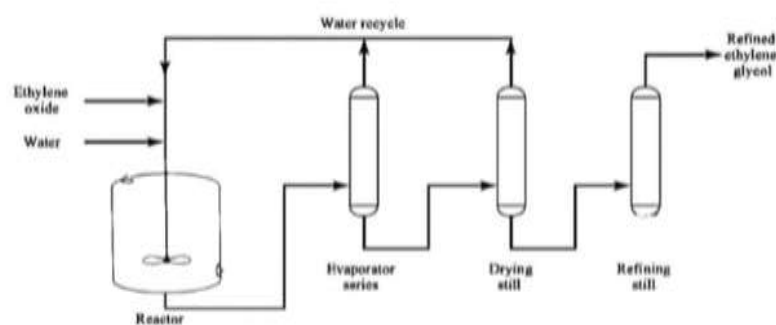
1.6.3.1 Reaksi hidrasi non katalitik

Pada reaksi ini pembentukan etilen glikol dilakukan dalam fase cair. Rentang harga tekanan dalam operasi ini adalah 5-14 atm dengan suhu antara 190- 200°C dengan *yield* sebesar 99,5% dan koversi sebesar 99,8% (Mc. Ketta, 1984).

1.6.3.2 Hidrasi Katalik Fase Cair

Hidrasi etilen glikol menggunakan katalis asam atau basa dimana penggunaan dengan katalis asam, hasil glikol dengan derajat tinggi akan meningkat atau lebih bila dibandingkan dengan katalis basa. Kecepatan reaksi hidrasi sangat dipengaruhi oleh suhu katalis asam. Efektifitas basa sekitar 1/100 dibandingkan dengan asam pada konsentrasi yang sama pada reaksi hidrasi. Pemakaian katalis asam dalam reaktor hidrasi memungkinkan untuk dioperasikan dalam suhu dan tekanan relatif lebih rendah dibandingkan reaksi non katalis. Akan tetapi membuat larutan sangat korosif dan membutuhkan peralatan anti korosif yang harganya mahal. (Mc. Ketta, 1984)

Pada reaksi ini pembentukan etilen glikol menggunakan katalis asam. Tekanan dalam operasi ini adalah 1 atm dengan suhu antara 50-70°C dengan *yield* sebesar 99,5% dan koversi sebesar 99,8% (Speight, 2002).



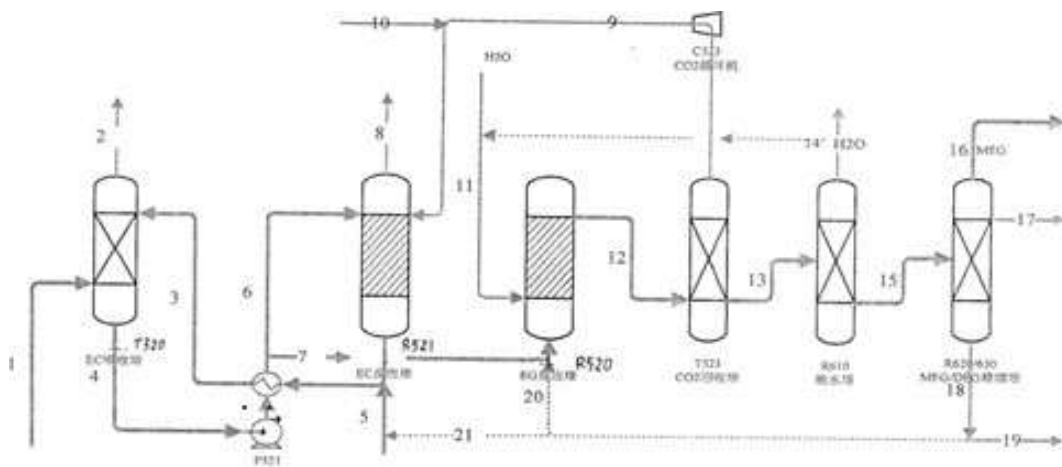
Flow Diagram Pembuatan Etilen Glikol Dengan Hidrasi Katalitik Fase cair

1.6.3.3 Hidrasi Katalik Fase Uap

Proses ini dilakukan melalui fase uap dan diperlukan adanya katalis berupa silver oksida dan aluminium dengan kondisi operasi temperatur dan tekanan yang

lebih rendah dari proses non katalik. Akan tetapi *yield* yang dihasilkan hanya sebesar 80% dan dengan konversi sebesar 20%. Pada proses ini pemisahan etilen glikol dari homolog yang lebih tinggi sulit untuk dilakukan karena katalis yang ikut terbawa pada proses selanjutnya (Mc. Ketta, 1984).

Berikut *flow* diagram produksi etilen glikol dengan proses hidrasi katalitik:



Gambar 1.4 Flow Diagram Pembuatan Etilen Glikol Dengan Hidrasi Katalitik

1.6.4 Perbandingan Proses

Adapun perbandingan proses pada pembuatan etilen glikol dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1.1 Kelebihan dan kekurangan Proses Pembuatan Etilen Glikol

No	Jenis Proses	Tekanan	Temperatur	<i>Yield</i>	Konversi
1	Proses Hidrolisis	14,45 Bar	150°C	93 %	92,61%
2.	Proses Du Pont Formaldehid	700 atm	200 °C	75%	Kecil
3	Proses hidrasi non katalitik	5-14 atm	190-200 °C	99,5%	99,8%
4.	Proses hidrasi Katalitik fasa Cair	1 atm	50-70 °C	99,5%	99,8%
5.	Proses hidrasi Katalitik fasa uap	< non katalitik	< non katalitik	80%	20%

Prarancangan pabrik kimia etilen glikol ini menggunakan proses hidrasi etilen oksida dengan katalis asam dengan alasan sebagai berikut:

1. Efektivitas katalis cukup baik dalam mempercepat laju reaksi dan mengarahkan reaksi untuk terbentuk produk.
2. Memiliki konversi yang tinggi yaitu 99,8%.
3. Memungkinkan untuk dioperasikan dalam suhu dan tekanan relatif lebih rendah.
4. Katalis asam sulfat dapat stabil dalam kondisi operasi pembentukan etilen glikol dan dari terjadinya peracunan katalis oleh pengotor.
5. Pada pembentukan etilen glikol dimasa lalu, asam sulfat juga digunakan sebagai katalis (Mc Graw Hill / Speight, 2002).
6. Asam sulfat termasuk senyawa yang dapat di jumpai sehari-hari serta harganya yang tergolong murah untuk skala pabrik.

1.6.5 Kapasitas Pra Rancangan Pabrik

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan produksi dan ekonomis. Semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lainnya. Hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan kapasitas pabrik yaitu data kebutuhan etilen glikol di Indonesia hingga dunia.

1.6.5.1 Kapasitas Pabrik Etilen Glikol yang Sudah Berdiri

Produksi asam akrilat di Indonesia tidak sepenuhnya untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia, namun di produksi juga untuk meningkatkan nilai ekspor. Pada tabel dibawah dapat dilihat bahwa kapasitas produksi etilen glikol di dalam negeri hanya ada 1 yaitu terdapat di PT. Polychem Indonesia yang berlokasi di Jakarta dengan kapasitas 137.522 ton/tahun. Secara komersial, etilen glikol di Indonesia digunakan sebagai bahan baku industri poliester (tekstil) sebesar 97,34%. Sedangkan sisanya sebesar 2,66% digunakan sebagai bahan baku tambahan pada pembuatan cat, minyak rem, solven, alkil resin, tinta cetak, tinta bolpoint, foam

stabilizer, kosmetik, dan bahan anti beku (anti freeze). Selama ini Indonesia masih mengimpor dari beberapa negara. Penjualan produk etilen glikol terkait erat dengan permintaan dari industri poliester domestik dan saat ini Indonesia adalah pengimpor etilen glikol. Kondisi ini membawa kesempatan besar untuk dilakukan pendirian pabrik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri serta berkompetisi dengan produsen internasional dari Arab Saudi, Amerika Serikat, Jepang, dan Singapura. Industri tekstil mempunyai peluang besar yang cukup baik di pasaran lokal atau interlokal sehingga memungkinkan pendirian industri etilen glikol yang digunakan sebagai bahan bakunya. Dengan pendirian atau perluasan pabrik poliester di mana etilen glikol digunakan sebagai bahan utama, sementara etilen glikol digunakan hampir di seluruh dunia, termasuk Indonesia.

Tabel 1.2 Data pabrik Etilen Glikol di Dunia.

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Petrochemical Company Al- Jubail	Al Jubail 35723, Arab Saudi	1.500.000
Reliance Industries Ltd	Mumbai, India	750.000
Zhejiang Satellite Petrochemical Co Ltd	China	800.000
Connell Chemical Industry Co Ltd	Jilin City, Tiongkok	300.000
Indian Oil Corp.	Sri Langka, India	303.000
Scientific Design Co. Inc.	49 Industrial Ave, USA	300.000
PT. Polychem Indonesia Tbk.	Jakarta, Ina	233.600

Sumber : UN Data, 2025.

1.6.5.2 Data Kebutuhan Etilen Glikol di Dunia

Pertumbuhan ekonomi yang kuat di negara berkembang ditambah dengan meluasnya sektor manufaktur diperkirakan akan mendorong pertumbuhan pasar etilen glikol. Meningkatnya standar hidup seiring dengan meningkatnya investasi di industri konstruksi diharapkan dapat terus menguatkan pertumbuhan pasar. Adapun Data kebutuhan etilen glikol di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.3 Data Kebutuhan Etilen Glikol di Dunia.

No	Negara	Jumlah Kebutuhan/ton
1.	Egypt	200.000
2.	Bosnia Herzegovina	50.000
3	Croatia	80.000
4	Denmark	100.000
5.	Germany	2.000.000
6.	Hungary	150.000
7.	Lithuania	60.000
8.	Italy	800.000
9.	Netherlands	500.000

Sumber : Un Comtrade Database, 2025.

1.6.5.3 Data Kebutuhan Etilen Glikol di Indonesia

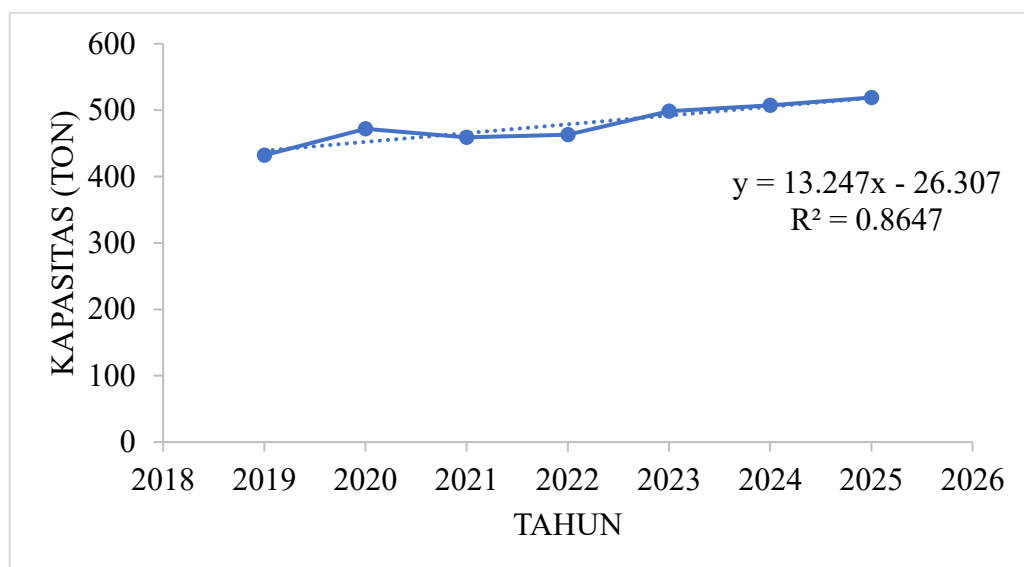
Data kebutuhan Etilen glikol di Indonesia dilihat dari peninjauan data impor negara Indonesia terhadap Etilen glikol. Adapun data impor Etilen glikol pada tahun 2019-2025 dapat dilihat pada Tabel 1.3. Menurut data komoditi impor dari Badan Pusat Statistik Indonesia, kebutuhan Etilen glikol di Indonesia meningkat. Ini dikarenakan kebutuhan Etilen glikol untuk Indonesia belum terpenuhi.

Tabel 1.4 Data impor Etilen Glikol di Indonesia.

Tahun	Jumlah Impor (Ton/Tahun)	Tahun ke
2019	432.048	1
2020	471.882	2
2021	459.226	3
2022	462.971	4
2023	498.544	5
2024	507.173	6
2025	519.056	7

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025.

Berdasarkan data dari Tabel 1.1, kebutuhan etilen glikol dari tahun 2019 hingga tahun 2025 cenderung fluktuatif. Pabrik etilen glikol direncanakan akan mulai didirikan pada tahun 2035, dengan waktu Pembangunan pabrik 3 tahun dan di harapkan pabrik dapat beroperasi pada tahun 2035. Proyeksi kebutuhan etilen glikol perlu dilakukan sehingga dapat memprediksikan kebutuhan etilen glikol dalam 10 tahun kedepan, dimulai dari tahun 2035 hingga tahun 2045. Adapun grafik kebutuhan etilen glikol di Indonesia setiap tahunnya berdasarkan data yang diperoleh dari BPS. Proyeksi kebutuhan etilen glikol dapat di peroleh persamaan Regresi Linear pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Grafik Data Kebutuhan etilen glikol di Indonesia tahun 2019-2025

Dari Gambar 1.1 kebutuhan etilen glikol dari 2019 hingga 2025 bisa didapatkan dalam bentuk persamaan linear yang bisa digunakan untuk memprediksi jumlah kebutuhan dimasa mendatang. Persamaan linear kebutuhan etilen glikol di indonesia adalah $13.247x - 26307$ dengan x, dengan keterangan y adalah proyeksi konsumsi etilen glikol di indonesia dalam ton dan x adalah tahun konsumsi. Pada Gambar 1.1, pada tahun 2021 dan tahun 2022 terjadi penurunan jumlah impor etilen glikol dari tahun 2020. Selanjutnya pada tahun 2023, jumlah impor etilen glikol

kembali meningkat. Dari persamaan tersebut dapat diprediksikan akan meningkat untuk tahun yang akan datang dari proyeksi kebutuhan etilen glikol pada tahun 2035 sampai 2045 yang dapat di lihat pada tabel 1.2.

Menghitung impor etilen glikol maka menggunakan persamaan garis lurus;

$$y = ax + b$$

Kebutuhan ;

y = kebutuhan impor etilen glikol, kg/tahun x = tahun

b = intercept

a = gradien garis miring

Diperoleh persamaan garis $y = 13.247x - 26307$ dengan x. Dari persamaan diatas maka dapat diketahui bahwa kebutuhan etilen glikol di indonesia pada tahun 2035 adalah :

$$y = 13.247x - 26307$$

$$y = 13.247(2035) - 26307$$

$$y = 26.957.645 - 26307$$

$$y = 650.645 \text{ Ton/ Tahun}$$

Tabel 1.5 Proyeksi kebutuhan dan kontribusi pabrik terhadap kebutuhan etilen glikol di indonesia tahun 2026-2035. Dari data Ekstrapolasi

Tahun	Ton
2026	531.690
2027	541.975
2028	560.976
2029	575.397
2030	585.128
2031	599.604
2032	613.681
2033	627.691
2034	641.602

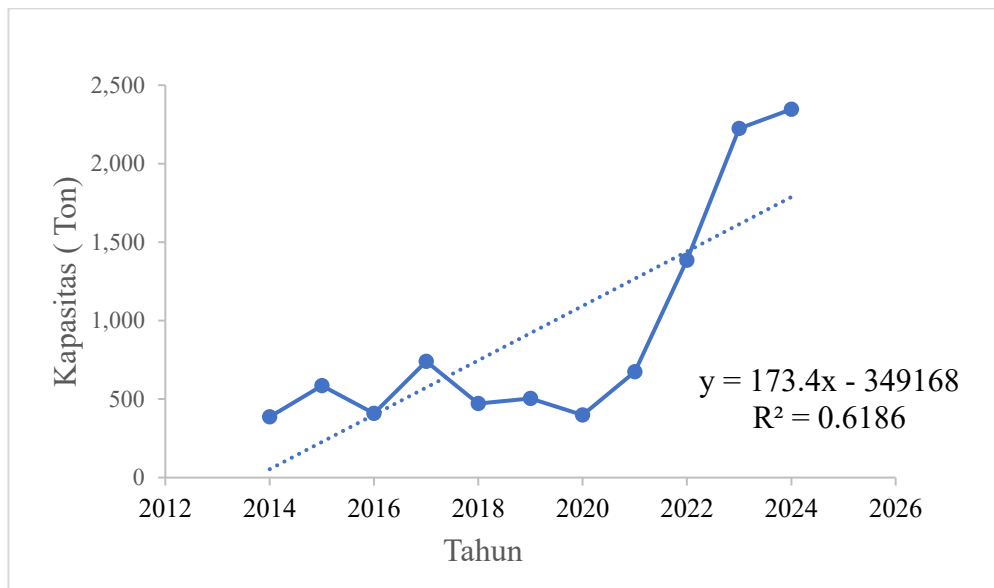
2035	654.157
------	---------

Sumber : Microsoft Excel 2025

Kebutuhan Impor Etilen Oksida di Indonesia (BPS Indonesia, 2024).

Tahun	Ton
2014	386.652
2015	585.229
2016	409.228
2017	739.988
2018	471.251
2019	50.407
2020	398.159
2021	674.374
2022	1384.324
2023	2.223.965
2024	2.346.200

Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia, 2024.



Diperoleh persamaan garis lurus: $y = 173.4x - 349.168$ dengan x . Dari persamaan di atas maka dapat diketahui bahwa kebutuhan etilen oksida di Indonesia pada tahun 2031 adalah:

dapat menguntungkan.

$$y = 173.4x - 349.168$$

$$y = 173.4x (2035) - 349.168$$

$$y = 352.869 - 349.168$$

$$y = 3.701 \text{ Ton/Tahun}$$

1.7 Uraian Proses

Proses produksi etilen glikol dari etilen oksida dan air dengan proses hidrasi katalis asam terbagi menjadi empat tahap proses utama yaitu :

1.7.1 Tahap Penyimpanan Bahan Baku

Salah satu bahan baku untuk memproduksi etilen glikol adalah etilen oksida. Etilen oksida disimpan pada suhu 30°C dengan tekanan 2,2 atm. Hal ini dilakukan agar etilen oksida tetap dalam fase cair. Air disimpan pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm. Begitu pun katalis, penyimpanan katalis dilakukan pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm. Katalis yang digunakan adalah asam sulfat. Etilen oksida diperoleh dengan kemurnian 99,97%, sedangkan asam sulfat diperoleh dengan kemurnian 98%.

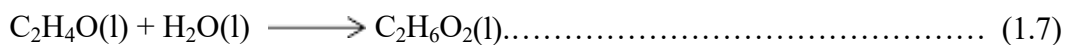
1.7.2 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku bertujuan untuk menyiapkan etilen oksida, air, dan katalis asam sulfat sebelum masuk ke reaktor. Etilen oksida dari TK-03, air dari TK-01, dan katalis dari TK-02. Sebelum masuk ke reaktor etilen oksida diturunkan tekanannya menggunakan valve mencapai 1 atm dan suhu bahan baku beserta katalis dinaikkan dengan heat Exchanger mencapai 150°C.

1.7.3 Tahap Reaksi

Umpan masuk reaktor terdiri dari arus umpan dari tangki etilen oksida (TK-03), tangki air (TK-01) dan tangki Asam Sulfat (TK-02). etilen oksida dan air dikombinasikan di tahap awal proses dengan perbandingan molar sebesar 1 : 20-25. Katalis digunakan sebesar 0 : 5-1 % dari etilen oksida. Reaktor yang digunakan dalam proses pembuatan etilen glikol adalah reaktor cstr (*Contineous stirred tank reactor*) dengan kondisi operasi pada suhu 150°C dan tekanan 14,5 atm, reaksi

berlangsung eksotermal. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut:



1.7.4 Tahap Pemurnian Produk

Proses ini berfungsi memisahkan etilen glikol dari impurities untuk mendapatkan etilen glikol dengan kemurnian yang tinggi. Tahap pemurnian produk terdiri dari:

1. Hasil reaksi dari reaktor dialirkan ke evaporator untuk dipisahkan sebagian besar air dengan asam sulfat dan etilen glikol dengan kondisi operasi pada suhu 120°C dan tekanan 1,5 atm. Evaporasi dilakukan karena kadar air yang di reaksi dengan etilen oksida menghasilkan etilen glikol yang banyak.
2. . menara distilasi I untuk dipisahkan sebagian besar air, etilen oksida dan asam sulfat dari etilen glikol, dietilen glikol dan trietilen glikol. Hasil atas dari menara distilasi I dialirkan ke unit pengolahan limbah cair. Sedangkan hasil bawah dari menara distilasi I dialirkan ke menara distilasi II. Hasil bawah adalah campuran yang mengandung sebagian besar etilen glikol.
3. Dalam menara distilasi II terjadi pemisahan antara etilen glikol sebagai produk utama dengan dietilen glikol sebagai produk samping. Hasil atas dari menara distilasi II adalah etilen glikol dengan kemurnian 99,79%. Sedangkan hasil bawah dari menara distilasi II adalah dietilen glikol dengan kemurnian 96,56%.

1.7.5 Tinjauan Thermodinamika

Tinjauan thermodinamika ditunjukkan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis/eksotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan (ΔH°_f) pada $P= 1 \text{ Atm}$ dan $T= 60^\circ\text{C}$ (333,15 K). pada proses pembentukan etilen glikol terjadi reaksi sebagai berikut:

Ditunjukkan dari segi thermodinamikanya dengan harha-harga ΔH°_f masing- masing komponen pada suhu 60°C (333,15 K).

Tabel 1.5 Harga ΔH°_f masing-masing komponen

Komponen	harga ΔH°_f (kJ/mol)	harga ΔG°_f (kJ/mol)
H ₂ O	-241,8	-228,6
C ₂ H ₄ O	-52,63	-13,1
C ₂ H ₆ O ₂	-389,32	-304,47

Sumber : Yaws, 1999.

Maka, ΔH_{reaksi} (333,15 K)

Reaksi utama

$$\Delta H_{reaksi} = \Delta H^\circ_f \text{ Produk} - \Delta H^\circ_f \text{ Reaktan}$$

$$\Delta H_{reaksi} = (\Delta H^\circ_f \text{ C}_2\text{H}_6\text{O}_2) - (\Delta H^\circ_f \text{ C}_2\text{H}_4\text{O} + \text{H}_2\text{O})$$

$$\Delta H_{reaksi} = (-389,32 \text{ kJ/mol}) - (\Delta H^\circ_f -52,63 \text{ kJ/mol} + (-241,8 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta H_{reaksi} = (-389,32 \text{ kJ/mol}) - (-294,4 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta H_{reaksi} = -94,89 \text{ kJ/mol}$$

Reaksi yang terjadi pada reaksi diatas merupakan reaksi eksotermis karena harga enthalpy reaksi bernilai negatif sehingga reaksi melepas panas. Sedangkan reaksi berjalan searah atau bolak balik dapat di ketahui dari harga konstanta kesetimbangan (K), menurut persamaan.

$$\ln K = \frac{-\Delta G}{RT} \dots\dots\dots (1.5)$$

Dimana :

ΔG° = Energi bebas gibbs

R = Konstanta gas

T = Suhu

K = Konstanta kesetimbangan reaksi

ΔG_{reaksi} (333,15 K) Reaksi utama

$$\Delta G_{reaksi} = \Delta G^\circ_f \text{ Produk} - \Delta G^\circ_f \text{ Reaktan}$$

$$\Delta G_{reaksi} = (\Delta G^\circ_f \text{ C}_2\text{H}_6\text{O}_2) - (\Delta G^\circ_f \text{ C}_2\text{H}_4\text{O} + \text{H}_2\text{O})$$

$$\Delta G_{reaksi} = (-304,47 \text{ kJ/mol}) - (\Delta H^\circ_f -228,60 \text{ kJ/mol} + (-13,10 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta G_{reaksi} = (-304,47 \text{ kJ/mol}) - (-241,7 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta G_{reaksi} = -62,77 \text{ kJ/mol}$$

$$-62,77 \text{ kJ/mol} = -(0,008314 \text{ kJ/mol.K} \times 298 \text{ K} \times \ln K_{298,15} - \ln K_{298,15} \times 298,15) =$$

$$K_{298,15} = 3.232,2$$

$$\ln \left[\frac{K_2}{K_1} \right] = \left[\frac{-\Delta H_{298}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \dots \dots \dots (1.6)$$

$$\ln \left[\frac{K_{333,15}}{K_{298,15}} \right] = \left[\frac{-\Delta H_{298}}{R} \right] \left[\frac{1}{333,15} - \frac{1}{298,15} \right]$$

$$\ln \left[\frac{K_{333,15}}{K_{298,15}} \right] = \left[\frac{-\left(\frac{94,89 \text{ kJ}}{\text{mol}} \right)}{\frac{0,008314 \text{ kJ}}{\text{mol.K}}} \right] \left[\frac{1}{333,15} - \frac{1}{298,15} \right]$$

$$\ln \left[\frac{K_{333,15}}{K_{298,15}} \right] = -4,04409$$

$$\ln \left[\frac{K_{333,15}}{K_{298,15}} \right] = 0,01758130$$

$$K_{333,15} = 0,01758130 \times 3.232,2$$

$$K_{333,15} = 3,2 \times 10^{-10}$$

Karena harga K untuk reaksi sangat besar, maka reaksi tersebut bersifat bolak-balik (reversible).

1.7.6 Uji Ekonomi Awal

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 2.3.

Tabel 1.6 Uji Ekonomi Awal

Bahan dasar	Berat molekul	Harga Rp/kg
Etilen Oksida	44,05	5.690
Air	18	200
Asam Sulfat	98,08	2.500
Etilen Glikol	62,07	34.500

Uji Ekonomi Awal = Biaya produk – Biaya bahan dasar

Uji Ekonomi Awal = (Bm Etilen glikol \times harga) – (Bm Ethylene oksida \times Harga)
+ (Bm Air \times Harga) + (Bm Asam Sulfat \times Harga)

Uji Ekonomi Awal = ((62,07 \times 34500) – (44,05 \times 5690) + (18 \times 200) + (98,08 \times 2500))

Uji Ekonomi Awal = ((2.141.415) – (250.644,5 + 3600 + 245.200))

Uji Ekonomi Awal = (2.141.415 – 499.444,5)

Uji Ekonomi Awal = 1.641.970,5

$$\begin{aligned}\text{Profit Margin} &= \frac{\text{Uji ekonomi awal}}{\text{Bahan baku}} \times 100\% \\ &= \frac{1.641.415}{499.444,5} \times 100\% \\ &= 329 \%\end{aligned}$$

1.7.7 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting, oleh karena itu harus didasarkan pada perhitungan-perhitungan yang matang, baik secara. Ekonomis maupun teknis, tanpa melupakan keadaan lingkungan sosial setempat. Dalam hal ini juga harus diperhitungkan pula kemungkinan perkembangan peralatan dan lokasi.

Pabrik Etilen Glikol ini akan direncanakan berdiri di Desa Kutakarang, Kecamatan Cibitung, Kabupaten Pandeglang Prov. Banten dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

1. andeglang merupakan daerah yang akan diproyeksikan sebagai zona industri berdasarkan peraturan Provinsi Banten no.5 tentang rencana pembangunan industri Provinsi Banten tahun 2020-2040
2. Dekat dengan Dermaga Bengkok, memudahkan impor barang-barang kebutuhan pabrik dan ekspor produk
3. Dekat dengan Sungai Mantiung sebagai sumber utilitas.

4. Dekat dengan sumber bahan baku, yaitu etilen oksida yang dibeli di PT. Dow Chemical Indonesia. Sarana dan prasarana yang meliputi transportasi, jalan, dan listrik memadai.



Gambar 1.6 Lokasi Pabrik

Suatu pabrik akan mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan dan Penentuan kelangsungan produksinya. Penentuan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis, dan menguntungkan dipengaruhi beberapa faktor yaitu :

1. Faktor Utama
2. Faktor khusus

1.7.7.1 Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku etilen oksida di dibeli di PT. Dow Chemical Indonesia. Pengadaan bahan baku harus dijaga, sehingga pabrik didirikan di Desa Kutakarang, Kecamatan Cibitung, Kabupaten Pandeglang Prov. Banten yang dekat dengan pelabuhan merak, memudahkan impor barang-barang kebutuhan pabrik dan ekspor produk. Kebutuhan air diperoleh dari air sungai di sekitaran lokasi pabrik. Sedangkan untuk kebutuhan katalis yaitu asam sulfat diperoleh dari pabrik Petrokimia, Gresik.

1.7.7.2 Pemasaran Produk

Etilen oksida merupakan produk *intermediet* yang digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi produk lain. Sebagian besar kawasan industri di Indonesia berada di pulau Jawa, khususnya daerah Jawa Timur. Dengan pemilihan lokasi di Banten, pendistribusian produk lebih terjangkau dan kegiatan ekspor produk ke luar negeri dapat dilakukan lewat jalur laut melalui Dermaga bengkok.

1.7.7.3 Penyediaan tenaga Utilitas

Perlu diperhatikan sarana-sarana pendukung seperti tersedianya air, listrik dan sarana pendukung lainnya. Sumber listrik dapat dipenuhi dari PLN, disamping itu energi listrik juga dapat diproduksi sendiri menggunakan *generator*. Sedangkan untuk kebutuhan air proses dapat dipenuhi dari pengolahan air laut sekitar lokasi pabrik.

1.7.7.4 Kebutuhan tenaga kerja

Kebutuhan tenaga kerja sangat mudah untuk dipenuhi, karena di Indonesiakhususnya pulau Jawa memiliki jumlah penduduk yang banyak. Jumlah tenaga kerja terlatih di daerah Banten juga meningkat dengan banyaknya akademi, perguruan tinggi, maupun sekolah kejuruan. Selain itu, terbukanya lapangan kerja juga akan menarik minat tenaga kerja dari daerah lain.

1.7.7.5 Jenis transportasi

Sarana transportasi berhubungan langsung dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Jenis transportasi dipilih dengan biaya operasi serendah mungkin. Banten adalah salah satu daerah yang strategis karena dekat dengan pelabuhan. Untuk pemasaran produk melalui jalur darat, transportasi di Banten sudah terhubung dengan daerah lainnya.

1.7.7.6 Penyediaan masyarakat

Banten merupakan kawasan industri, sehingga masyarakat sudah terbiasa dengan pendirian pabrik di sekitar mereka. Selain itu, masyarakat dapat mengambil keuntungan dengan adanya pendirian pabrik. Salah satu keuntungan yang didapat

adalah dengan menyewakan rumah untuk karyawan maupun usaha dalam bidang kuliner.

1.7.7.7 Kebijakan Pemerintah

Pemerintah menetapkan Provinsi Banten sebagai salah satu Kawasan industri di Indonesia, sehingga pendirian pabrik etilen glikol di kawasan Provinsi Banten akan mendapatkan kemudahan dari sisi non teknis dan pemerintah sebagai fasilitator yang telah memberikan kemudahan dalam perizinan pendirian, pajak dan hal lain yang menyangkut pelaksanaan pendirian sebuah pabrik.

1.7.7.8 Karakteristik lokasi

Lokasi pemilihan pabrik memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lainnya di Indonesia, Banten memiliki iklim tropis. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor dan banjir sangat jarang terjadi di Banten, sehingga operasi pabrik dapat berjalan dengan baik. Banten sendiri merupakan Kawasan industri, oleh karena itu untuk mendirikan pabrik baru di kawasan tersebut akan lebih mudah.

1.7.7.9 Kondisi Tanah

Kondisi tanah yang relative masih luas dengan struktur tanah yang kuat dan datar. Sejak awal areal ini memang direncanakan sebagai kawasan industri, sehingga tanah di sekitarnya cukup stabil. Dengan didukung iklim yang stabil sepanjang tahun, tentunya pemilihan lokasi ditempat ini akan sangat menguntungkan.