

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Etilen glikol merupakan senyawa organik yang tidak berwarna, tidak berbau, memiliki viskositas yang rendah sehingga menyebabkan cairan bersifat higroskopis. Etilen glikol dapat menurunkan titik beku pelarutnya dengan menghambat pembentukan kristal es.

Kegunaan etilen glikol sangatlah banyak, secara umum etilen glikol digunakan untuk tambahan serat pada polyester, wadah yang menggunakan bahan PET, *antifreeze* dan pendingin pada mesin untuk semua kondisi cuaca. Kegunaan lain adalah untuk menghilangkan lapisan-lapisan es pada pesawat terbang, pendingin pada proses transfer yang menggunakan kontak dengan gas pemanas serta AC. Tidak hanya itu, etilen glikol juga digunakan sebagai bahan adesif, bahan tambahan pada cat, dan emulsi aspal.

Di Indonesia secara umum etilen glikol digunakan untuk bahan baku industri tekstil (polyester) sebesar 97,34% dan 2,66% digunakan sebagai bahan baku tambahan pembuatan cat, cairan lem, *solven* (pelarut), tinta cetak, tinta pada pena, *foam stabilizer*, kosmetik, dan bahan anti beku.

Berdasarkan pada kegunaan etilen glikol di Indonesia, konsumsi etilen glikol nasional cenderung naik dari tahun ke tahun. Pada tahun 2013 konsumsi etilen glikol Indonesia mencapai 622.995,4 ton/tahun. Kebutuhan ini dipenuhi oleh PT Polychem Tbk yang memproduksi etilen glikol sebesar 216.000 ton/tahun. Sedangkan kekurangan dari kebutuhan etilen glikol di Indonesia dipenuhi dengan melakukan impor dari berbagai Negara.

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan etilen glikol adalah etilen oksida dari PT Chandra Asri Petrochemical, Cilegon dan air diperoleh dari PT Peteka Eka, Cilegon. Ditinjau dari harga bahan baku pembuatan etilen glikol dan produk etilen glikol, ternyata produk ini lebih mahal dari harga bahan baku. Harga etilen oksida sebagai bahan baku adalah 0,402 US\$/ kg sedangkan harga produk etilen glikol adalah 1,21 US\$/kg sehingga pendirian pabrik etilen glikol menguntungkan.

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1 Rumusan Masalah

Kebutuhan etilen glikol di Indonesia belum dapat terpenuhi, sehingga untuk menanggulangi kebutuhan etilen glikol di dalam negeri serta untuk meningkatkan nilai ekonomis dari etilen glikol dengan biaya yang cukup rendah, dibandingkan dengan proses lain maka dirasa perlu mendirikan suatu pabrik pembuatan etilen glikol dengan proses pemurnian sehingga menghasilkan etilen glikol dengan kemurnan 90%.

1.2.2 Tujuan

Tujuan dari rancangan pabrik pembuatan etilen glikol dari etilen oksida dengan proses hidrasi non katalitik adalah untuk mengaplikasikan ilmu teknik kimia khususnya dibidang perancangan analis proses dan operasi teknik kimia, sehingga akan memberikan gambaran kelayakan perancangan pabrik pembuatan etilen glikol.

1.3 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari pembuatan rancangan ini adalah tersedianya informasi mengenai proses pembuatan pabrik etilen glikol dari etilen oksida sebagai bahan baku utama, sehingga dapat menjadi referensi untuk mendirikan suatu pabrik etilen glikol.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Etilen Oksida

Pada tahun 1859, seorang ilmuwan Perancis, Charles-Adolphe Wurtz, menemukan etilen oksida dengan mereaksikan 2-kloroetanol dengan senyawa basa. Penemuan tersebut merupakan keberhasilan penting pada masa Perang Dunia I karena penemuan tersebut menjadi pelopor dari senyawa kimia etilen glikol dan senjata kimia gas beracun (*mustard gas*). Pada tahun 1931, seorang ilmuwan Perancis lainnya menemukan cara menghasilkan etilen oksida secara langsung dengan mereaksikan etilen dan oksigen menggunakan katalis perak. Metoda ini kemudian digunakan untuk memproduksi etilen oksida dalam skala industri. (*Emulsifiers,2007*)

Etilen oksida merupakan zat kimia komoditas utama yang diproduksi di seluruh dunia. Etilen oksida diproduksi dengan proses oksidasi katalitik etilen dengan katalis perak. Banyak metoda lain yang telah diajukan untuk memproduksi etilen oksida namun tidak ada metoda lain yang diterapkan dalam skala industri selain metoda ini. (*Emulsifiers*, 2007)

Reaksi samping mengoksidasi etilen dan etilen oksida menjadi karbon dioksida dan uap air. Reaksi yang berlangsung yaitu:



etilen oksigen etilen oksida



etilen oksigen karbon dioksida uap air

Etilen oksida menimbulkan efek beracun bila dihirup. Gejala-gejala yang timbul akibat menghirup terlalu banyak gas etilen oksida antara lain pusing, kejang-kejang (mendadak), dan koma. Gas ini juga mengiritasi kulit dan menghirup uap etilen oksida dapat menyebabkan paru-paru terisi dengan cairan selama beberapa jam. Berikut kegunaan etilen oksida:

1. Etilen glikol (sebagai zat anti beku, serat poliester, botol dan kontainer polietilen tereftalat (PET), dehidrasi gas, fluida penukar panas, pelarut, dan poliester).
2. Olietilen glikol (digunakan dalam industri kosmetik, pembuatan obat-obatan, pelumas, pelarut cat, dan *plasticizer*).
3. Etilen oksida glikol eter (digunakan sebagai fluida rem, deterjen, pelarut cat dan pernis).
4. Etanolamin (digunakan dalam industri sabun, deterjen, pemurnian gas alam, dan *finishing* tekstil).
5. Produk etoksilat dari *fatty alcohol* (digunakan dalam pembuatan deterjen, surfaktan, *emulsifier*, dan *dispersant*).

1.4.2 Air

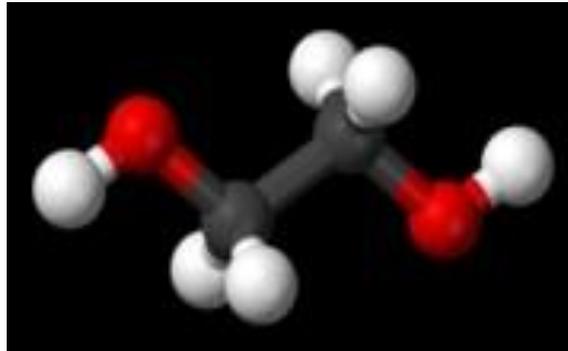
Air mempunyai rumus kimia H_2O , yang berarti satu molekul air terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Sering digunakan sebagai pelarut. Air merupakan senyawa kimia yang paling aman dan paling dibutuhkan seluruh makhluk hidup karena tanpa air, makhluk hidup tidak akan dapat bertahan hidup. Ilmu yang mempelajari tentang kandungan, sifat-sifat, proses penyebaran, dan kebiasaan alami air dikenal dengan hidrologi. Hidrologi merupakan induk ilmu untuk percabangan teknik sipil, dan hidrologi mempelajari masalah persediaan air dan penyaluran kotoran, sistem pengaliran air dan irigasi, peraturan navigasi dan sungai, dan pengendalian banjir dan tenaga air. (Anonim^a, 2007)

1.4.3 Etilen Glikol

Etilen glikol pertama kali ditemukan oleh Charles Adolphe Wurtz pada tahun 1859 dengan hidrolisis etilen glikol diasetat via saponifikasi dengan KOH dan pada tahun 1860 melalui hidrolisis etilen oksida. Senyawa ini belum di komersialkan hingga perang dunia pertama, dimana etilen glikol disintesis dari etilen diklorida dan digunakan sebagai substituent gliserol pada industri peledakan di Jerman. Di Amerika, produksi semi komersial etilen glikol via etilen klorohidrin dimulai pada tahun 1917. Pabrik etilen glikol pertama berdiri pada 1925 di *West Virginia*. (Anonim^c, 2009)

Monoetilen glikol yang sering disebut etilen glikol adalah cairan jernih, tidak berwarna, tidak berbau, berasa manis dan larut sempurna dalam air. Grup hidroksil pada glikol memberikan kemungkinan turunan senyawa yang lebih luas. Gugus hidroksil ini bisa diubah menjadi aldehyd, alkil halide, amina, azida, asam karboksil, eter, merkaptan, ester nitrat, nitril, ester nitrit, ester organik, ester posphat, dan ester sulfat. Senyawa-senyawa ini membuat etilen glikol bisa menjadi senyawa intermediet dalam banyak reaksi. Terutama dalam formasi resin, termasuk kondensasi dengan dimetil terephtalat atau asam terephtalat yang menghasilkan resin *polyester*. (MEG Global Group, 2008)

Rumus molekul etilen glikol adalah $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ dan struktur molekulnya seperti yang ditampilkan pada gambar 14-1.



Gambar 1.4-1 Struktur Molekul Etilen Glikol (Anonim^c, 2009)

Sifat/ Karakteristik	Aplikasi / Kegunaan
Senyawa intermediet dari resin	<ul style="list-style-type: none"> - Resin <i>polyester</i> (<i>Fibers, Containers</i> dan <i>films</i>) - Resin ester sebagai plasticizers (<i>adhesive, pernis, dan pelapis</i>) - <i>Alkyd-type resins</i> (karet sintetis, <i>adhesive, pelapis permukaan</i>)
Solven coupler (pasangan pelarut)	- Sebagai penstabil pada formasi gel
Penurunan titik pembekuan (<i>Freezing Point Depression</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Fluida penghilang es (<i>deicing fluids</i>) pada pesawat terbang, dan landasannya. - Sebagai fluida penghantar panas (<i>heat transfer fluids</i>) pada kompresor gas, pemanas, pendingin udara, proses pendingin - Antibeku pada kendaraan dan pendingin. - Formulasi berdasarkan air seperti adesif, cat latex dan emulsi aspal)
Pelarut	- Garam konduktif medium pada kapasitor elektrolitik
<i>Humectant</i>	- Serat tekstil, kertas, kulit, <i>adhesive</i> dan lem

Tabel 1.4-1 Beberapa Kegunaan Etilen Glikol (MEG Global Group, 2008)

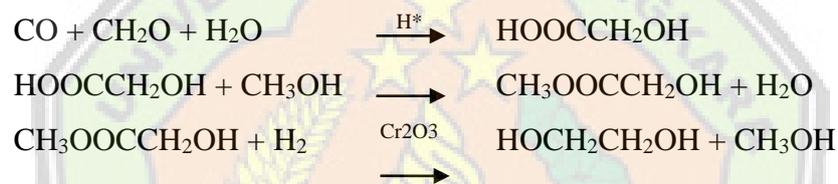
Sifat	Parameter	Nama Komponen				
		Bahan Baku		Produk		
		Etilen Oksida	Air	Etilen Glikol	Dietilen Glikol	Trietilen Glikol
Fisik	Rumus Kimia	C ₂ H ₄ O	H ₂ O	C ₂ H ₆ O ₂	C ₄ H ₁₀ O ₃	C ₆ H ₁₄ O ₄
	BM (g/mol)	44.05	18.016	62.07	106.12	150.174
	Fasa (25 C)	Gas	Cair	Cair	Cair	Cair
	Densitas (g/cm ³)	0.882	1	1.132	1.116	1.1255
	Titik Didih (°C)	10.5	100	197.4	244,9	285
	Titik Lebur (°C)	-112.44	0	-13	-6.5	-7
	Viskositas (cP)	0.2 (20 C)	0,8949	20.9 (20 C)	36 (20 C)	-
Kimia	Warna	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
	Sifat Racun	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
	Sifat Korosif	Tidak	Tidak	Korosif	Tidak	Tidak

Tabel 1.4-2 Data Komponen Bahan Baku dan Produk

Secara komersial, etilen glikol di Indonesia sebagai bahan baku industri *polyester* (tekstil) sebesar 97,34%. Sedangkan sisanya sebesar 2,66% digunakan sebagai bahan baku tambahan pada pembuatan cat, cairan rem, *solven*, alkil resin, tinta cetak, tinta ballpoint, *foam stabilizer*, kosmetik, dan bahan anti beku. Ada beberapa proses pembuatan etilen glikol, yaitu (Mc Ketta dan Cunningham,1984):

a. Proses *Du Point Fomaldehid*

Dalam proses ini formaldehid direaksikan dengan karbon monoksida dan air untuk membentuk asam glikolat untuk selanjutnya diesterifikasi dengan menggunakan metanol, etanol atau propanol dan produk alkil glikolat dihidrogenasi dalam fasa uap menggunakan katalis kromat menghasilkan monoetilen glikol dan alcohol. (Mc Ketta dan Cunningham,1984)



b. Proses Hidrolisis Etilen Oksida

1. Proses Katalitik

Merupakan proses pembuatan monoetilen glikol dengan mereaksikan air dan etilen oksida dalam reaktor adiabatik katalitik. Etilen oksida murni atau campuran air dengan etilen oksida (keduanya dalam fasa cair), digabungkan dengan air recycle dengan perbandingan mol air dengan etilen oksida 5 : 1, dikondisikan hingga mencapai kondisi yang disyaratkan dalam reaktor katalitik. Pada proses katalitik ini digunakan katalis untuk memperbesar selektivitas terhadap monoetilen glikol sekaligus mengurangi jumlah eksek air yang ditambahkan sehingga akan mengurangi kebutuhan energi dalam proses pemisahan antara monoetilen glikol dengan air yang tidak bereaksi. (Mc Ketta dan Cunningham,1984)

2. Proses Non Katalitik

Merupakan proses hidrolisis etilen oksida dengan air yang akan membentuk monoetilen glikol. Mula-mula etilen oksida murni dicampur dengan air dengan perbandingan mol air dengan etilen oksida = 20 : 1 (air

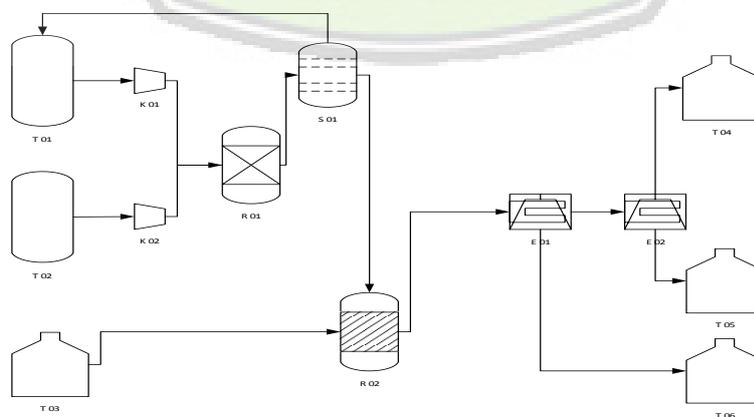
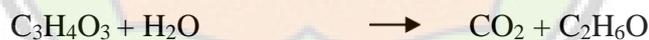
dalam jumlah yang sangat berlebih digunakan untuk mencapai selektivitas monoetilen glikol yang tinggi), dipanaskan sampai kondisi reaksi pada reaktor tubular untuk diubah menjadi monoetilen glikol. Air berlebih pada proses ini dihilangkan dengan menggunakan evaporator dan etilen glikol dimurnikan dengan distilasi. (Kirk dan Othmer, 1990)

3. Proses Karbonasi

Etilen glikol dapat diproduksi dengan mereaksikan etilen oksida dengan karbondioksida membentuk etilen karbonat yang selanjutnya dihidrolisis menjadi etilen glikol. Unit oksidasi etilen dengan proses langsung menghasilkan etilenoksida yang kemudian diabsorbsi 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. (Kawabe dkk, 1998)

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, 1990)

Ada 3 reaksi utama dalam pembuatan etilen glikol dari etilen dengan proses karbonasi, yaitu (Kirk dan Othmer, 1990):



Gambar 1.4-2 Flow Diagram Pembuatan Etilen Glikol dengan Proses Karbonasi. (Kawabe dkk, 1998)

Diagram alir diatas mengilustrasikan proses komponen yang terlibat, zat inert dan sistem pembersihan (*purging system*). Proses ini terbagi atas 3 tahap utama yaitu, absorpsi etilen oksida dengan menggunakan suatu larutan absorban yang terdiri atas etilen glikol, etilen karbonat yang di-recycle dan air. Tahap kedua yaitu, proses karbonasi etilen oksida dengan CO₂. Tahap yang terakhir adalah hidrolisis etilen karbonat. (Kawabe dkk, 1998)

No	Parameter	<i>Du Point Formaldehid</i>	Hidrolisis Etilen Oksida		
			Katalitik	Non Katalitik	Karbonasi
1	Suhu Operasi	200 (°C)	100-150	190-200	150
2	Tekanan	700 atm	9-11 atm	18	14.5 atm
3	Konversi	90%	20%	99.80%	99%
4	Yield	85%	80%	99.50%	90%
5	Reaktor	<i>fixed bed reactor</i>	adiabatik katalitik	Tubular	<i>fluidized bed reactor</i>

Tabel 1.4-3 Data Perbandingan Pemilihan Proses

Prarancangan pabrik kimia etilen glikol ini menggunakan proses hidrasi non katalitik. Proses hidrasi non katalitik adalah reaksi penambahan satu atau lebih molekul air kedalam suatu molekul tanpa menggunakan katalis. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan etilen glikol ini adalah etilen oksida dan air. Etilen oksida bereaksi dengan air membentuk monoetilen glikol. (Mc. Ketta, 1984)



Produk etilen glikol yang terbentuk akan bereaksi lebih lanjut dengan etilen oksida membentuk dietilen glikol dan membentuk trietilen glikol dengan reaksi sebagai berikut:



Variabel penting yang diperlukan agar hasil etilen glikol yang terbentuk banyak atau maksimal adalah perbandingan etilen oksida dengan air. Dalam hal ini perlu ditambahkan air berlebih karena etilen oksida lebih cepat bereaksi dengan etilen glikol yang telah terbentuk untuk membentuk glikol berderajat tinggi tersebut. Reaksi yang terjadi dalam proses ini adalah reaksi non-katalitik dalam keadaan netral.

Kondisi operasi Kondisi operasi pada reaktor dalam prarancangan pabrik etilen glikol ini adalah:

- Temperatur : 190°C
- Tekanan : 18 atm
- Sifat reaksi : eksotermis
- Fase : cair-cair
- Mol (C₂H₆O : H₂O) : 1 : 20

Tinjauan termodinamika. Termodinamika sangat diperlukan dalam prinsip keseimbangan reaksi. Berdasarkan pada harga entalpi dari reaksi pembentukan, maka reaksi tersebut termasuk reaksi eksotermis, sedangkan untuk menentukan apakah reaksi bolak-balik atau searah yaitu dengan menentukan harga K, jika harga K lebih besar daripada 1 (satu) maka reaksi akan berjalan ke arah kanan (searah), dan jika harga K lebih kecil daripada 1 (satu) maka reaksi akan berjalan ke arah kanan dan kiri (bolak-balik). (Rivai, 1995)

Harga (ΔH°) masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 3 (Yaws, 1999).

Komponen	(ΔH°)(kJ/mol)	(ΔG°)(kJ/mol)
H ₂ O	-241.80	-228.60
C ₂ H ₄ O	-52.63	-13.10
C ₂ H ₆ O ₂	-398.32	-304.47
C ₄ H ₁₀ O ₃	-571.20	-409
C ₆ H ₁₄ O ₄	-725.09	-486.52

Tabel 1.4-4 Harga Gibbs (ΔG°) dan Entalpi Standar (ΔH°)

Reaksi utama :

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{reaksi}} &= \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (\Delta H_f^\circ \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2) - (\Delta H_f^\circ \text{C}_2\text{H}_4\text{O} + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) \\ &= (-389,32) - ((-52,63) + (-241,80)) \\ &= -94,89 \text{ kJ/mol} \\ &= -22.669,221 \text{ kmol}\end{aligned}$$

Keterangan:

$\Delta H_{\text{R}}^\circ$ = Entalpi reaksi

ΔH_f° = Entalpi pembentukan

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis, karena harga entalpi reaksi bernilai negatif sehingga reaksi melepas panas. Dalam prarancangan pabrik etilen glikol ini, semua reaksi merupakan reaksi irreversible (searah) yang terlihat dari harga Gibbs pembentukan, hal tersebut dapat dibuktikan dengan cara sebagai berikut:

Reaksi utama:

$$\begin{aligned}\Delta G_f^\circ \text{ reaksi} &= \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (\Delta G_f^\circ \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2) - (\Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{O} + \Delta G_f^\circ \text{C}_2\text{H}_4\text{O}) \\ &= (-304,47) - ((-13,10) + (-228,60)) \\ &= -62,77 \text{ kJ/mol} \\ &= -14.995,753 \text{ kal/mol} \\ \ln K &= -\Delta G_f^\circ \text{ reaksi} / R \cdot T \\ \ln K &= -(-14.995,753 \text{ kal/mol}) / (1,987 \text{ kal/mol} \cdot \text{K} \times 298 \text{ K}) \\ \ln K &= 26,114 \\ K &= 2,1936 \times 10^{11}\end{aligned}$$

Keterangan:

ΔG° = Energi bebas Gibbs

R = Konstanta gas

T = Temperatur

K = Konstanta kesetimbangan reaksi

Untuk menentukan harga K pada suhu operasi tertentu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

$$\ln K/K_{298} = -\Delta H_r^\circ / R \times (1/T_{298} - 1/T_x)$$

Harga kesetimbangan reaksi dari masing-masing reaksi sangat besar, maka reaksi di atas termasuk reaksi irreversible (searah).

Tinjauan kinetika. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi orde 1 dengan persamaan kecepatan reaksi:

$$-r_A = k C_A$$

Dimana :

$-r_A$: Kecepatan reaksi (mol/liter.menit)

K : Konstanta kecepatan reaksi (1/menit)

C_A : Konsentrasi (mol/liter)

Maka, persamaan Arrhenius dapat diselesaikan sebagai berikut:

$$\ln k_A = \ln A - (E/R) \left(\frac{1}{T} \right)$$

$$K(T) = A e^{-E/R/T}$$

$$\ln K = (-9.729,3/T) + 22,316$$

$$-E/R = -9.729,3 K$$

$$E = (-9.729,3 K) \times R$$

$$= 9.729,3 K \times 8,314 \text{ J/mol. K}$$

$$E = 80.889,4002 \text{ J/mol}$$

$$E = 80,889 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln A = 22,316$$

$$A = 4,917 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

$$K = 4,917 \times 10^{10} \exp(-9.729,3 K/T)$$

1.5 Kapasitas

1.5.1 Kebutuhan Etilen Glikol di Indonesia

Untuk pemenuhan kebutuhan etilen glikol dalam negeri, Indonesia masih mengimpor dari negara lain. Data impor etilen glikol dalam negeri ditunjukkan pada tabel 1.5-1.

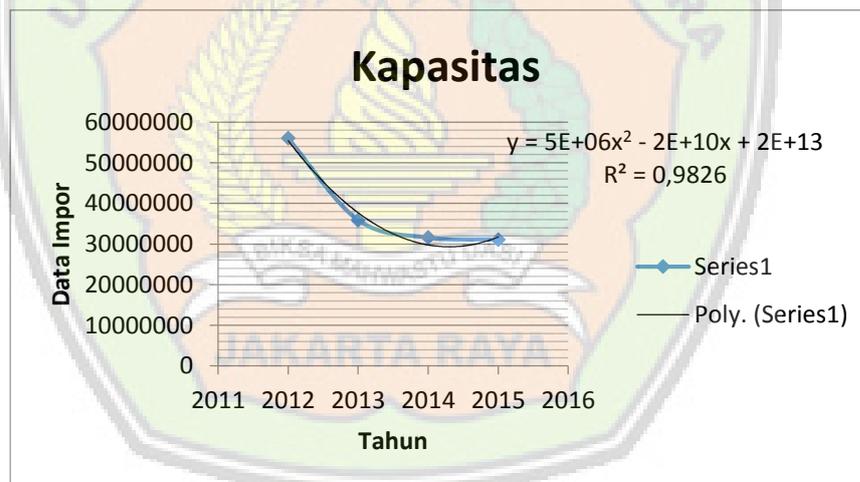
Tabel 1.5-1 Data Impor Etilen Glikol Di Indonesia

Tahun	Impor	Daya
2012	56.031.296	61
2013	35.886.361	53
2014	31.585.717	50
2015	31.098.842	46
2016	35.998.136	87
2017	5556121	42

(Badan Pusat Statistik, 2018)

1.5.2 Kapasitas

Tabel 1.5-1. Menunjukkan bahwa kebutuhan impor etilen glikol di Indonesia dihitung menggunakan persamaan polinomial :



Gambar 1.5-1 Kapasitas Produksi Etilen Glikol

Berdasarkan perhitungan persamaan diatas, didapat kapasitas pabrik yang akan dibangun di Indonesia pada tahun 2023 sebesar 150.000 ton/tahun.

Pabrik etilen glikol yang akan didirikan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia dan di luar negeri. Kebutuhan etilen glikol di beberapa negara di Asia ditunjukkan pada tabel .

Tabel 1.5-2 Daftar Impor Etilen Glikol diberbagai Negara

Tahun	Malaysia	Singapura
2012	11.456.536.194	19.662.632.155
2013	26.716.014.188	19.537.847.450
2014	10.166.269.847	19.662.632.155
2015	11.484.083.120	19.297.998.518
2016	10.464.454.237	19.260.233.609
2017	12.266.551.088	19.844.747.306
Total	44.381.358.292	19.544.348.532

(Badan Pusat Statistik, 2018)

Rata-rata pertumbuhan impor etilen glikol di Malaysia sebesar 44.381.358.292 ton/tahun dan rata-rata pertumbuhan impor di Singapura sebesar 19.544.348.532. Perkiraan kebutuhan etilen glikol di Malaysia pada tahun 2023 sebesar 21.279.175.26 dan perkiraan kebutuhan impor di Singapura pada tahun 2023 sebesar 3.816.000.

1.6 Lokasi Pabrik

Lokasi Pabrik Pemilihan lokasi pabrik didasarkan atas pertimbangan yang secara praktis lebih menguntungkan, baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis. Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain:

- a. Penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi. Pabrik juga sebaiknya dekat dengan pelabuhan jika ada bahan baku yang atau produk yang dikirim dari atau ke luar negeri.
- b. Ketersediaan air. Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu pabrik, baik untuk proses, pendingin, maupun untuk proses yang lain. Sumber air biasanya berupa air sungai, danau atau air laut.
- c. Ketersediaan tenaga kerja. Tenaga kerja merupakan pelaku dari proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar proses produksi.

- d. Kondisi geografis dan sosial. Lokasi pabrik sebaiknya terletak di daerah yang stabil terhadap gangguan keamanan dan bencana alam. Kebijakan pemerintah setempat juga mempengaruhi lokasi pabrik yang akan dipilih.
- e. Transportasi. Sarana transportasi dari atau ke lokasi pabrik sangat memungkinkan untuk terjadinya hubungan dan pengiriman bahan baku dan produk dengan lancar. Transportasi yang memadai yaitu jalan raya dan Pelabuhan yang memudahkan impor bahan baku dan kemungkinan ekspor produk.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, pabrik direncanakan akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Jawa Barat. Faktor pendukungnya antara lain:

- a. Dekat dengan pelabuhan untuk keperluan impor peralatan pabrik dan ekspor produk.
- b. Merupakan daerah yang menjadi kawasan industri.
- c. Tersedianya lahan, tenaga kerja dan air yang cukup.

1.7 Uraian Proses

Proses produksi etilen glikol ($C_2H_6O_2$) dari etilen oksida dapat dibagi menjadi 3 tahapan proses yaitu proses persiapan bahan baku, proses sintesa etilen glikol, dan proses pemurnian etilen glikol. Proses hidrasi non katalitik adalah reaksi penambahan satu atau lebih molekul air kedalam suatu molekul tanpa menggunakan katalis.

1.7.1 Persiapan Bahan Baku

a. Etilen oksida

Bahan baku etilen oksida dalam fasa gas dengan kemurnian 99,97%, serta pengotor berupa CO_2 0.03% disimpan dalam tangki penyimpanan etilen oksida (T-02) pada kondisi temperatur $30^{\circ}C$ dan tekanan 2.2 atm.

b. Air

Bahan baku air disimpan pada tangki penampungan (T-01) dengan suhu $30^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm yang akan diubah fasa nya menjadi gas dengan menggunakan vaporizer.

1.7.2 Proses Sintesa Etilen Glikol

Tahap sintesa etilen glikol ini bertujuan untuk mereaksikan etilen oksida dalam fasa gas dan gas di dalam reaktor plug flow adiabatik non isothermal sehingga terbentuk produk etilen glikol.

Perbandingan mol umpan masuk etilen oksida dan air yaitu 1 : 20. Untuk mencapai konversi 99,8%, maka reaktor dioperasikan pada suhu 190°C dan tekanan 18 atm, kondisi ini diterapkan agar fasa reaktan dan produk dalam kondisi yang sama. Reaksi berlangsung secara adiabatik non isothermal sehingga reaktor memerlukan isolasi untuk menghindari hilangnya panas lingkungan. Etilen oksida dan air selanjutnya diumpankan ke reaktor. Di dalam reaktor terjadi reaksi hidrasi non katalitik pembentukan etilen glikol. Campuran hasil reaksi keluar reaktor pada suhu 190°C dan tekanan 18 atm.

1.7.3 Proses Pemisahan Air dan Etilen Oksida

Etilen glikol yang keluar dari reaktor, dialirkan ke flash tank dan evaporator untuk memisahkan gas etilen oksida dan air agar tidak terjadi reaksi lagi dengan etilen glikol serta mengubah etilen glikol menjadi fasa cair yang kemudian akan disimpan di dalam tangki etilen glikol (T-03).

1.8 Spesifikasi Bahan

1.8.1 Spesifikasi Bahan Baku

1.8.1.1 Sifat fisika dan kimia etilen oksida (EPA, 1986):

Sifat fisika:

1. Bentuk fisik : gas pada temperatur ruangan
2. Titik didih : 10,5°C
3. Titik leleh : -112,44°C
4. *Flash point* : < -18°C (*tag opencup*)
5. Suhu nyala : 429°C (udara, 1 atm)
6. Panas pembakaran : 1306,4 kJ/mol(25°C)
7. Tekanan kritis : 7,19MPa
8. Suhu kritis : 195,8°C
9. Kalor fusi : 5,17kJ/mol
10. Panas larutan : 6,3 kJ/mol (dalam air murni 25°C)

11. Kelarutan : larut dalam air, aseton, CCl₄, eter, methanol
12. Kereaktifan : mudah meledak jika dipanaskan, meledak dengan logam alkali dalam basa.

Sifat kimia:

1. Berat molekul : 44,053 gr/mol
2. Densitas : 0,8711 gr/cm³
3. Tekanan uap : 1305 torr (25°C)
4. Viskositas : 0,31 cp (4°C)
5. Kalor jenis : 0,44 kal/g °C (20°C)
6. Kalor uap : 136,1 kal/g (1 atm)

1.8.1.2 Sifat Fisik dan Kimia Air (Perry, 1997):

Sifat fisik air:

1. Titik lebur : 0°C (1 atm)
2. Titik didih : 100°C (1 atm)
3. Spesifik graviti : 1,00 (4°C)
4. Indeks bias : 1,333 (20°C)
5. Temperatur kritis : 374°C
6. Tekanan kritis : 217 atm

Sifat kimia air:

1. Berat molekul : 18,016 gr/gmol
2. Densitas : 1 gr/ml (4°C)
3. Viskositas : 0,8949 cP
4. Kapasitas panas : 1 kal/gr
5. Panas pembentukan : 80 kal/gr
6. Panas penguapan : 540 kal/gr

1.8.2 Spesifikasi Produk

Sifat fisik etilen glikol (Anonim^d, 2007)

1. Titik leleh : -12.9°C (260K)
2. Titik didih : 197.3°C (470K)
3. Titik beku : -13°C
4. Flash Point : 244 F (Huntsman^a, 2006)
5. Spesifik gravitasi (20°C) : 1,115 (Huntsman^a, 2006)
6. Densitas (20°C) : 9,28lb/gal
7. Tekanan uap : 0,12 mmHg

Sifat kimia etilen glikol (Anonim^d, 2007)

1. Berat molekul : 62.068 g/mol
2. Densitas : 1.1132 g/cm^3
3. Viskositas (20°C) : 20,9 Cp

