

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang pendirian pabrik

Sangat pesatnya perkembangan industrialisasi di Indonesia, terutama industri kimia yang tiap tahunnya mengalami peningkatan baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Pertumbuhan industri kimia tentunya berbanding lurus dengan kebutuhan akan bahan baku maupun bahan penunjang dalam prosesnya, bahan baku yang diperlukan antara lain adalah Propilen Glikol.

Industri Propilen Glikol memiliki prospek yang baik untuk didirikan. Hal ini dikarenakan belum adanya industri pembuatan Propilen Glikol di Indonesia dan masih mengandalkan impor untuk memenuhi kebutuhan Propilen Glikol dalam negeri. Dari data Badan Pusat Statistik (BPS), dalam rentang waktu satu dekade belakangan ini dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2015, rata-rata impor Propilen Glikol di Indonesia mencapai 2.375,58 ton/bulan atau sekitar 28.507,05 ton/tahun.

Propilen Glikol merupakan salah satu senyawa turunan dari propilen yang mempunyai rumus kimia $C_3H_8O_2$. Propilen Glikol mempunyai nama lain 1,2-propanediol atau 1,2-propilen glikol. Senyawa ini memiliki karakteristik berupa cairan kental tak berwarna, tak berbau, titik didih 188°C dan memiliki tekanan uap yang rendah yaitu 0,08 mmHg. Propilen Glikol merupakan salah satu bahan kimia

yang memiliki banyak fungsi dan dapat digunakan diberbagai industri kimia diantaranya:

1. Sebagai pelarut maupun pengawet dalam industri makanan.
2. Sebagai pelembut maupun pelembab dalam industri kosmetik.
3. Sebagai formula obat dalam industri farmasi.
4. Sebagai additive dalam industri cat yang berfungsi sebagai penstabil viskositas dan warna.

(Kirk dan Othmer, 1992)

Berdirinya industri propilen glikol ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri. Daerah yang dapat dijadikan lokasi pendirian pabrik yaitu Kawasan Industri Kendal, Jawa Tengah. Hal ini dikarenakan Kawasan Industri Kendal merupakan Kawasan Industri terpadu, infrastruktur dengan standar Internasional, terdapat pelabuhan Internasional Tanjung Emas, biaya tenaga kerja yang kompetitif serta tersedianya tenaga kerja yang produktif dan terampil.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam mendirikan suatu pabrik, hal yang harus diperhatikan adalah kapasitas produksinya. Kapasitas produksi harus optimal, yaitu jumlah dan jenis produk yang dihasilkan harus menghasilkan keuntungan yang maksimal dengan biaya produksi yang seminimal mungkin dan kualitas produk yang baik.

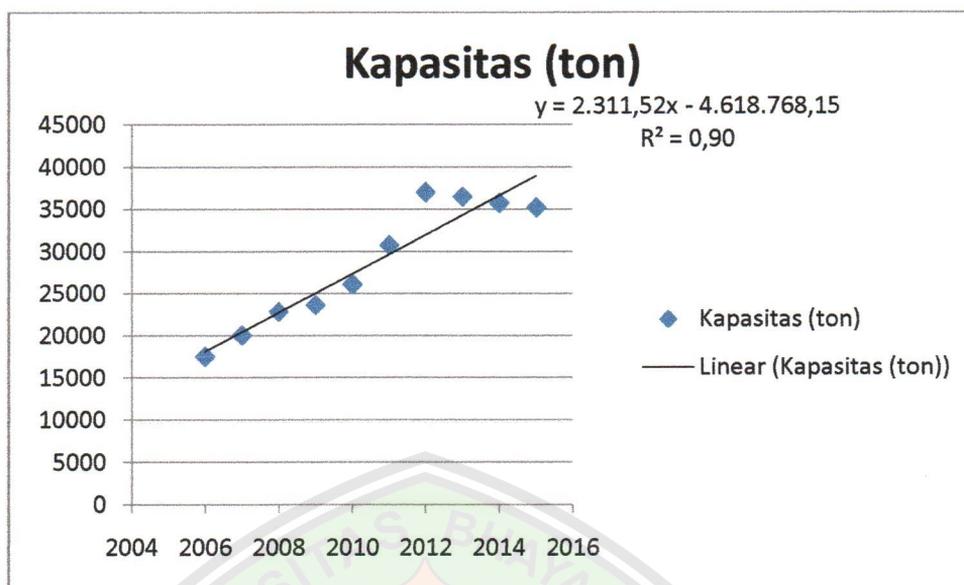
Untuk memenuhi kebutuhan propilen glikol dalam negeri, Indonesia masih mengandalkan impor dari berbagai negara. Besarnya kebutuhan akan propilen glikol di Indonesia dapat dilihat dari data kegiatan impor propilen glikol selama sepuluh tahun terakhir (2006-2015) yang dapat dilihat pada tabel 1.1 di bawah ini

:

Tabel 1.1 Impor Propilen Glikol di Indonesia Tahun 2006-2015

No	Tahun	Kebutuhan (kg)
1.	2006	17.544.457
2.	2007	20.054.114
3.	2008	22.873.143
4.	2009	23.667.078
5.	2010	26.119.673
6.	2011	30.770.939
7.	2012	36.983.281
8.	2013	36.456.668
9.	2014	35.743.138
10.	2015	34.857.963

(Badan Pusat Statistik, 2015)



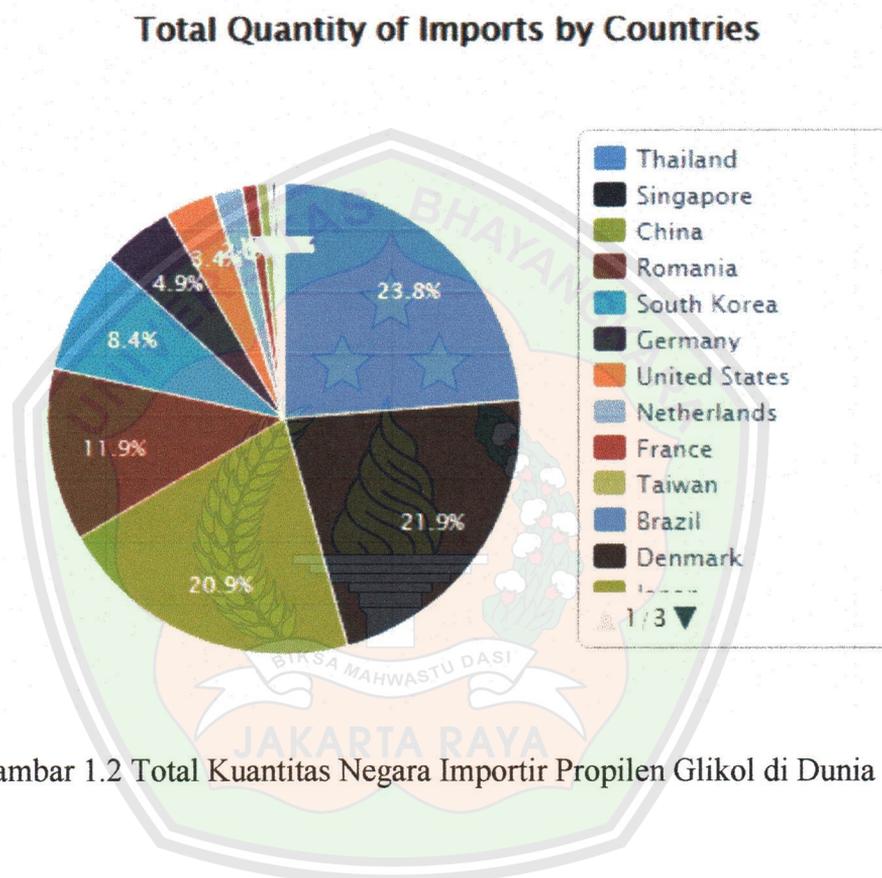
Gambar 1.1 Grafik Linier Kebutuhan Propilen Glikol Dalam Negeri

Dari data kebutuhan propilen glikol tersebut, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan propilen glikol mengalami kenaikan tiap tahunnya sesuai dengan persamaan garis lurus $y = 2.311,52x - 4.618.768,15$. Dimana y adalah kebutuhan propilen glikol pada tahun tertentu dan x adalah tahun yang akan dihitung.

Dari persamaan tersebut dapat diperkirakan besarnya impor propilen glikol di Indonesia pada tahun 2020 adalah sebesar 50.502,5 ton. Sehingga berdasarkan kebutuhan propilen glikol diatas dapat ditetapkan kapasitas pabrik sebesar 50.000 ton/tahun.

Kebutuhan propilen glikol di dunia periode Januari 2014 – Februari 2016 mengalami fluktuatif. Hal ini dapat dilihat pada grafik data kegiatan impor propilen glikol dunia. Data kegiatan impor menunjukkan importir terbesar yaitu Thailand, diikuti Singapura dan China. Dibawah ini adalah diagram dari negara-

negara yang melakukan impor propilen glikol periode Januari 2014 – Februari 2016. (www.zauba.com)



Gambar 1.2 Total Kuantitas Negara Importir Propilen Glikol di Dunia

Dengan berdirinya pabrik propilen glikol ini diharapkan :

1. Dapat memenuhi kebutuhan propilen glikol dalam negeri sehingga mengurangi ketergantungan akan impor.
2. Dapat mengekspor propilen glikol mengingat besarnya kebutuhan propilen glikol dunia.

1.3 Pemilihan lokasi Pabrik

Salah satu faktor penting dalam perancangan pabrik adalah faktor lokasi demi menjaga kelangsungan operasi pabrik tersebut. Pentingnya pemilihan lokasi ini untuk menentukan tingkat keberhasilan perusahaan dalam hubungannya dengan biaya operasi, harga jual dan kemampuan perusahaan untuk berkompetisi di pasar.

Pabrik propilen glikol ini akan didirikan di Kawasan Industri Kendal. Kawasan Industri Kendal merupakan suatu kawasan industri terpadu yang terletak di desa Wonorejo, Kaliwungu, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah yang menempati area seluas 2.700 hektar. Kawasan industri ini dibangun dan dikembangkan oleh PT Jababeka Tbk bekerja sama dengan PT Sembcorp Development Pte (Singapura). Lokasi yang strategis menjadikan Kendal ditetapkan sebagai salah satu zona lokasi Kawasan Ekonomi Khusus Indonesia yang telah ditetapkan pada tahun 2011 oleh Pemerintah Indonesia dalam program Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI).

Pabrik propilen glikol ini akan didirikan di Kendal dikarenakan :

- Ketersediaan bahan baku

Bahan baku yang diperlukan adalah propilen oksida yang dapat diimpor dari Qigo, Singapura, maka letak pabrik di Kendal memenuhi syarat karena dekat dengan pelabuhan di kota Semarang.

- Letak Pasar

Tujuan utama dari perancangan pabrik ini yaitu untuk memenuhi kebutuhan propilen glikol dalam negeri serta tidak menutup kemungkinan untuk melakukan ekspor yang dapat meningkatkan devisa negara. Manfaat propilen glikol baik dalam industri farmasi, makanan, kosmetik maupun yang lainnya dapat menunjang industri-industri yang bergerak dalam bidang tersebut secara nasional khususnya pulau Jawa sebagai daerah sentra industri di Indonesia. Banyaknya industri di kota-kota besar di pulau Jawa seperti di Jakarta, Bandung, Semarang, Surabaya dan kota-kota industri lainnya yang mudah diakses dapat memudahkan pemasaran produk.

- Transportasi

Kendal merupakan suatu daerah yang strategis di Jawa Tengah berbatasan langsung dengan laut Jawa. Kendal yang dilalui jalan raya utama yaitu jalur pantai utara (pantura) yang merupakan salah satu urat nadi perekonomian nasional. Selain itu juga terdapat akses jalan tol yang sedang dalam tahap rencana pembangunan yang terkoneksi jalan tol trans Jawa yang tentunya akan memperlancar arus barang dan jasa. Terdapat pula jalur kereta api double track Jakarta-Surabaya dan juga jalur kereta api trans Jawa yang mendukung distribusi barang dan jasa dari dan ke Kawasan Industri Kendal. Lokasi yang dekat dengan Pelabuhan Tanjung Emas di kota Semarang juga dapat menekan biaya transportasi untuk pengiriman baik bahan baku maupun produk.

- Penyediaan bahan bakar dan energi

Suatu perusahaan yang akan mengelola dan mengembangkan kawasan industri, tentu memperhatikan faktor penyediaan bahan bakar dan energi sebagai kebutuhan utama dalam industri. Oleh karena itu, penyediaan bahan bakar dapat dengan mudah terpenuhi, sebagai contoh yaitu Pertamina sebagai pengolah dan penyalur bahan bakar nasional. Sedangkan untuk keperluan energi listrik dapat diperoleh dari PLN selaku pemasok utama energi listrik nasional dan dapat juga menambahkan generator sebagai cadangan apabila mengalami gangguan pasokan.

- Kebijakan Pemerintah

Kawasan Industri Kendal merupakan kawasan industri terpadu yang telah ditetapkan oleh Pemerintah sebagai Kawasan Ekonomi Khusus dalam program Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI). Untuk itu Pemerintah juga menerapkan sistem pelayanan satu pintu (one stop service) untuk mempermudah perizinan. Selain itu faktor-faktor lainnya seperti lingkungan masyarakat sekitar dan faktor sosial serta perluasan pabrik yang mendukung sehingga sangat memungkinkan untuk berdirinya pabrik propilen glikol.

- Ketenagakerjaan

Propinsi Jawa Tengah merupakan salah satu propinsi dengan jumlah penduduk yang tinggi di Indonesia. Berdasarkan sensus dari BPS pada tahun 2010, jumlah penduduk di Jawa Tengah sekitar 32.382657 jiwa, dengan jumlah

angkatan kerja sekitar 17.547026 jiwa. Hal ini tentu mendukung ketersediaan tenaga kerja di kawasan ini. Menurut data dari Kementerian Pendidikan, jumlah sekolah SMK di Jawa Tengah justru lebih banyak dari sekolah SMA, yang tentunya sesuai dengan tujuan sekolah kejuruan yang menyiapkan peserta didik yang terampil, terlatih dan siap terjun didunia kerja setelah lulus nantinya. Selain itu di Jawa Tengah juga terdapat banyak perguruan tinggi baik negeri maupun swasta sebagai pencetak tenaga ahli, profesional, terdidik dan terlatih.

1.4 Tinjauan Pustaka

1. Propilen Oksida

Propilen oksida adalah zat yang sangat reaktif untuk menangkap cincin oksirane bersuku 3. Ikatan C–C dan C-O memiliki panjang yang pertama ditemui sekitar 144 – 147 pikometer (Kirk Orthmer, 1949).

Nama lain dari propilen oksida adalah metiloksirana, dengan rumus stuktur $\text{CH}_3(\text{CHCH}_2)\text{O}$, merupakan hasil kimia organik yang umum digunakan untuk reaksi intermediate dalam menghasilkan polieter polioliol, propilen glikol, alkanolamin, glikol eter dan turunan – turunan lainnya.

Kegunaan utama dari propilen oksida ini untuk pembuatan flexile foams (48%) dan propilen glikol (25%), penggunaan lainnya sebagai bahan campuran dalam pembuatan pelumas, surfaktan, pembuatan bahan untuk demulsifikasi minyak, juga sebagai pelarut, fumigan, dan pensteril tanah.

Sifat Fisis dan Sifat Kimia Propilen Oksida (C₃H₆O)

Sifat Fisis

Rumus molekul	: C ₃ H ₆ O
Berat molekul	: 58,08 g/mol
Titik didih pada 1 atm	: 34°C
Titik leleh	: -111,93°C
pH pada 25°C	: 1,1574
Densitas	: 0,823 g/cc
Viskositas pada 25°C	: 0,28 cP
Refraktif indeks pada 25°C	: 1,3605
Specific heat pada 20°C	: 0,48 kal/g°C
Panas penguapan	: 113 kal/g
Kelarutan	: larut dalam air
Kemurnian	: 99,95% (persen massa, sisanya air)

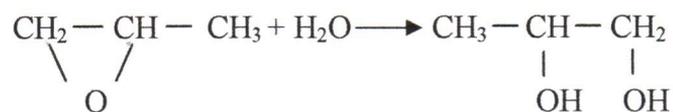
(Kirk dan Othmer, 1992)

Sifat Kimia

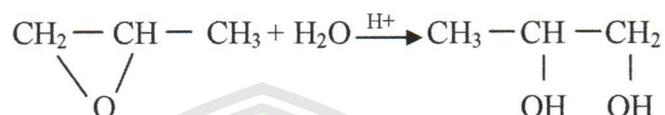
- Reaksi dengan Air

Propilen oksida dapat bereaksi dengan air baik tanpa katalis, menggunakan katalis asam, maupun katalis basa menghasilkan propilen glikol.

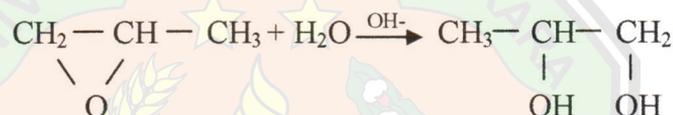
1. Reaksi dengan air tanpa katalis



2. Reaksi dengan air menggunakan katalis asam

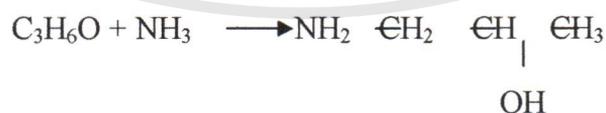


3. Reaksi dengan air menggunakan katalis basa



- Reaksi dengan Amonia

Propilen oksida direaksikan dengan ammonia tanpa katalis membentuk mono-, di-, tri-isopropanalamina. Reaksi dengan amina primer menghasilkan amina sekunder dan tersier.



- Reaksi dengan Asam Organik

Propilen oksida bereaksi dengan asam organik akan menghasilkan glikol monoeter.

- Reaksi dengan Komponen Thio

Propilen oksida dapat bereaksi dengan hidrogen sulfida, dengan thio (merkaptan) dan thiopend tanpa katalis menghasilkan merkaptopropanal dan glikol trieter.

- Reaksi dengan Produk Natural

Propilen oksida jika direaksikan dengan gugus hidroksil dalam gula selulosa dan glikol dengan katalis alkalin membentuk hidroksi propil eter, turunan eter dan turunan poliglikol.

2. Air (H₂O)

Air merupakan senyawa kimia yang dihasilkan dari ikatan unsur hidrogen (H₂) dengan unsur oksigen (O) sehingga membentuk senyawa H₂O. Satu molekul air tersusun dari dua atom hidrogen yang berikatan kovalen dengan satu atom oksigen. Air pada kondisi standar bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau.

Air merupakan suatu pelarut yang universal karena dapat melarutkan berbagai zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, gas dan beberapa molekul organik. Pada tekanan dan temperatur standar air berada pada fasa cair dan padat dalam keadaan kesetimbangan dinamis.

Sifat Fisis

Rumus molekul	: H ₂ O
Berat molekul	: 18,015 g/mol
Titik leleh pada 1 atm	: 0°C

Titik didih pada 1 atm	: 100°C
Tekanan kritis	: 218 atm
Temperatur kritis	: 374,2°C
Kalor jenis	: 4184 J/kg K
Panas fusi	: 1,43 kkal/gmol
Panas penguapan	: -68,31 kkal/gmol
Indeks bias	: 1,333
Densitas pada 25°C	: 1,027 g/cc
Viskositas	: 0,6985 CP
Kemurnian	: 100%

(Kirk dan Othmer, 1992)

Sifat Kimia

- Mudah melarutkan zat-zat baik cair, padat maupun gas.
- Merupakan reagent penghidrolisa pada proses hidrolisa.

Spesifikasi Bahan Penunjang

1. Asam Sulfat

Sifat Fisis

Rumus molekul	: H ₂ SO ₄
Berat molekul	: 98,079 g/mol
Wujud	: Cairan tak berwarna
Specific gravity	: 1,834

Titik didih	: 340°C
Titik leleh	: 10,49°C
Densitas	: 1,8361 g/ml

Sifat Kimia

- Dapat bereaksi dengan HNO_3 membentuk ion nitrit (NO_2^+) yang sangat penting dalam suatu reaksi nitrasi.



- Asam sulfat mempunyai gaya tarik yang besar terhadap air dan membentuk senyawa hidrat seperti $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
- Merupakan asam kuat
- Merupakan senyawa kovalen
- Merupakan elektrolit kuat
- pH kurang dari 7

(Fessenden, 1992)

2. Natrium Hidroksida

Sifat Fisis

Rumus molekul	: NaOH
Berat molekul	: 39,997 g/mol
Fasa/wujud zat	: Cair
Titik didih pada 1 atm	: 1388°C
Titik leleh	: 318°C

Densitas pada 20°C	: 2,13 g/mol
Panas laten pencampuran	: 167,4 kJ/mol
Panas pembentukan	: -102 kJ/mol
Panas pelarutan	: -10,2 kkal/gmol
Kemurnian	: 40% (persen massa, sisanya air)

Sifat Kimia

NaOH sebagai penetral asam nitrat

Reaksi



(Fessenden, 1992)

3. Metanol

Sifat Fisis

Rumus molekul : CH_3OH

Berat molekul : 32,042 g/mol

Fase / wujud bahan : Cair

Warna : Tidak berwarna

Titik didih : 64,75°C

Titik leleh : -97°C

Temperatur kritis	: 239,43°C
Tekanan kritis	: 79,81 atm
Densitas pada 30°C	: 782,8067 kg/m ³
Viskositas pada 30°C	: 0,5059 cP
Kemurnian	: 85% (persen massa, sisanya air)

Sifat Kimia

- Merupakan alkohol alifatik yang reaktifitasnya ditentukan oleh gugus hidroksinya.
- Reaksi-reaksi yang penting dalam industri :

Reaksi dengan logam Na membentuk Sodium metilat dan gas H₂



Reaksi dengan asam akrilat membentuk metil akrilat



Reaksi dehidrogenasi metanol akan menghasilkan formaldehid



Spesifikasi Produk

1. Propilen Glikol (C₃H₈O₂)

Propilen glikol dengan rumus kimia C₃H₈O₂ merupakan suatu turunan senyawa dari propilen. Propilen glikol mempunyai nama lain 1,2-propanediol atau 1,2-propilen glikol. Senyawa ini memiliki karakteristik berupa cairan kental tak berwarna, tak berbau, titik didih 187,4°C dan memiliki tekanan uap yang rendah yaitu 0,091 mmHg. Propilen glikol merupakan salah satu bahan kimia yang memiliki banyak fungsi dan dapat digunakan diberbagai industri kimia antara lain sebagai pengawet dalam industri makanan, sebagai pelarut dalam industri kosmetik dan farmasi, sebagai addictive dalam industri cat dan masih banyak lagi.

Sifat Fisis

Berat molekul	: 76,095 g/mol
Titik leleh pada 1 atm	: -60°C
Titik didih pada 1 atm	: 187,4°C
Tekanan uap pada 20°C	: 0,091 mmHg
Panas penguapan	: 12,94 kkal/gmol
Panas pambentukan	: 119,5 kkal/gmol
Indeks bias	: 1,4327
Densitas pada 25°C	: 1,033 g/cc
Viskositas	: 0,581
Spesific heat	: 0,5934 kal/g°C

Kemurnian : 99,95% (persen massa,
sisanya air

(Kirk dan Othmer, 1992)

Sifat Kimia

- Propilen glikol diesterifikasi dengan maleik, fumarik atau asam-asam sejenis hasil halida atau asam anhidrid menghasilkan mono dan diester dengan katalis peroksida pada tekanan rendah dengan zat adhesive.
- Propilen glikol digunakan sebagai inisiator dalam katalis basa untuk menghasilkan mono (primer dan sekunder) dan dieter (polieter poliol).
- Kondensasi propilen glikol dengan aldehyd menghasilkan siklik atau 4 metil 1,3 dioksilan.

2. Dipropilen Glikol

Dipropilen Glikol adalah produk samping pada pembuatan Propilen Glikol yang memiliki rumus kimia $C_6H_{14}O_3$ dan memiliki sifat kimia yang sama dengan propilen glikol. Adapun manfaat dari Dipropilen Glikol sebagai pembuatan poliester resin dan untuk ekstraksi hidrokarbon dan urethan juga plasticizer .

Sifat Fisis

Rumus molekul : $C_6H_{14}O_3$

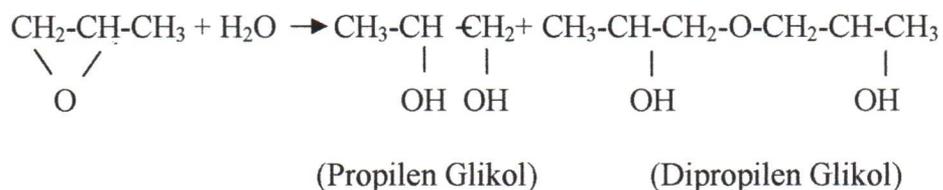
Berat molekul : 134,175 g/mol

Titik leleh pada 1 atm	: -40°C
Titik didih pada 1 atm	: 230,5°C
Tekanan uap pada 25°C	: 0,0021 kPa
Panas penguapan	: 53,64 kkal/gmol
Indeks bias	: 1,4407
Viskositas pada 25°C	: 75 cP
Densitas pada 25°C	: 1,022 g/mL

Propilen Glikol dapat diproduksi dengan cara hidrolisis propilen oksida. Selain itu dapat juga ditambahkan metanol pada reaktan yang berfungsi sebagai diluent karena propilen oksida tidak larut dalam air. Ada tiga macam proses dalam pembuatan Propilen Glikol, yaitu :

1. Hidrasi propilen oksida tanpa katalis

Reaksi :



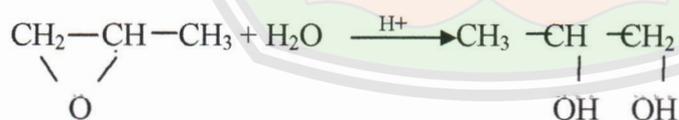
Proses ini berlangsung pada tekanan tinggi (2.170 kPa) dan temperatur yang tinggi (120°C-190°C). Konversi yang dihasilkan pada proses ini mencapai 90% (Chan and Seider, 2004).

Ditahap awal proses, propilen oksida dan air dikombinasikan dengan perbandingan molar sebesar 1:15. Suhu awal yang digunakan sebesar 125°C dengan tekanan sekitar 2 Mpa. Suhu akhir keluar reaktor sebesar 190°C karena reaksi bersifat eksotermis. Air berlebihan dalam proses tersebut menghasilkan propilen glikol, dipropilen glikol, dan tripropilen glikol dengan perbandingan 100:10:1. Dipropilen glikol dan tripropilen glikol sebagai hasil samping disimpan dalam tangki penyimpanan karena dapat meningkatkan arus recycle yang dapat menambah biaya energi dan menurunkan jumlah produk. Proses produksi propilen glikol tanpa katalis ini menghasilkan limbah yang sangat sedikit (Ullmann, 2005).

Dipropilen glikol memiliki rumus kimia $C_6H_{14}O_3$ dan sifat kimia yang sama dengan propilen glikol. Dipropilen glikol dapat digunakan untuk pembuatan poliester resin, untuk ekstraksi hidrokarbon dan uretan, serta untuk *plastisizer*.

2. Hidrasi propilen oksida dengan katalis asam

Reaksi :



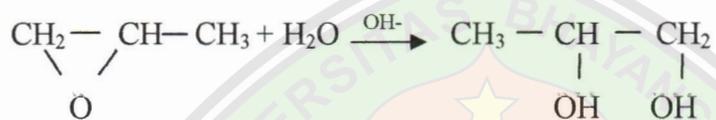
Pada proses ini telah dilakukan penelitian oleh Chan dan Seider pada tahun 2004 dengan cara mereaksikan 43,04 lbmol propilen oksida dengan 802,8 lbmol air dan 71,87 lbmol metanol sebagai diluent serta 20 lbmol asam sulfat sebagai katalis. Proses ini berlangsung pada kondisi operasi 77°F -93°F dengan tekanan 1 atm. Konversi yang diperoleh mencapai 95,5%.

Katalis asam yang digunakan yaitu H_2SO_4 dan dibutuhkan dalam jumlah sedikit, 0,1 wt%. Diperlukan pengontrolan suhu agar reaksi tetap berjalan pada fase cair karena titik didih propilen oksida yang rendah.

(Chan and Seider, 2004)

3. Hidrasi propilen oksida dengan katalis basa

Reaksi :



Pada proses produksi propilen glikol dengan katalis basa berlangsung pada temperatur 70°C dan tekanan 1 atm. Konversi yang dihasilkan mencapai 70%.

(Chan and Seider, 2004)

Dari ketiga proses diatas, proses kedua yaitu proses hidrasi propilen oksida dengan katalis asam dipilih karena paling efisien dilihat dari suhu dan tekanan operasi yang rendah serta konversi yang dihasilkan tinggi.

Untuk pemilihan proses pembuatan Propilen Glikol perlu telaah :

Tabel 1.2 Tinjauan Pemilihan Proses Pembuatan Propilen Glikol

No	Tinjauan	Hidrasi Propilen Oksida Katalis	Tanpa	Hidrasi Propilen Oksida Katalis Asam	dengan	Hidrasi Propilen Oksida Katalis Basa	dengan
1	Waktu reaksi	Lambat		Lebih cepat		Lebih cepat	
2	Suhu	120 -190°C		25 - 34°C		70°C	

3	Tekanan	22 atm (2170kPa)	1 atm	1 atm
4	Katalis	Tanpa katalis	Asam (peningkatan kecepatan reaksi lebih signifikan)	Basa (menghasilkan isomer diglikol yang tidak diinginkan)
5	Ratio Propilen Oksida : Air (mol)	>1:20	1:20	1:20

Dari data diatas, maka proses yang dipilih adalah proses hidrasi propilen oksida dengan menggunakan katalis asam.

Propilen glikol dapat digunakan sebagai bahan pelembab pada industri kosmetik, pelarut dalam industri makanan, campuran obat dalam industri farmasi, bahan baku resin poliester tak jenuh, serta sebagai *plastisizer* dan *antifreeze*.

1. Industri Kosmetik

Propilen glikol menarik air dan berfungsi sebagai humektan, ditemukan dalam pelembab untuk meningkatkan penampilan kulit dengan mengurangi pengelupasan dan memulihkan kekenyalan kulit. Propilen glikol adalah salah satu bahan yang paling banyak digunakan dalam kosmetik dan produk perawatan pribadi, dan juga berfungsi sebagai agen penurun viskositas, pelarut dan aroma. Propilen glikol digunakan dalam berbagai jenis formulasi kosmetik termasuk

pembersih wajah, pelembab, sabun mandi, shampo dan kondisioner, deodoran, wewangian dan lain-lain.

2. Industri Makanan

Propilen glikol adalah suatu senyawa yang ideal digunakan sebagai zat tambahan pada makanan dan minuman. Propilen glikol yang memiliki sifat tidak berwarna, tidak berbau dan tidak memiliki rasa dapat bercampur dengan makanan dan minuman dengan tidak mempengaruhi hasil dari campuran tersebut.

Dalam makanan, digunakan untuk mempertahankan pigmen warna makanan dan memberikan untuk distribusi homogen dalam campuran. Propilen glikol telah disetujui untuk digunakan sebagai aditif makanan dengan batas maksimum yang ketat dari 1 g / kg di bahan makanan manusia. Beberapa kegunaan propilen glikol yang terdapat dalam makanan meliputi:

- Pelarut dan pengawet rasa dan warna dalam makanan dan minuman. Seperti dalam industri minuman, biskuit, kue, dan permen
- Pengental, clarifier dan stabilizer dalam makanan dan minuman seperti bir, salad dressing atau baking campuran.

3. Industri Farmasi

Propilen glikol atau propana 1,2-diol merupakan suatu pelarut atau kosolven yang digunakan sebagai kelarutan suatu obat sediaan cair, semi padat dan sediaan transdermal. Kelarutan suatu obat dalam konsentrasi 10-30% berupa

larutan aerosol, 10-25% larutan oral, 10-60% larutan parental dan 0-80% larutan topikal.

Dalam sediaan semi padat berupa pasta, propilen glikol digunakan secara topikal. Penambahan koselven ini dapat meningkatkan daya permeabilitas obat untuk melewati suatu membran. Untuk sediaan transdermal dapat berupa semprot hidung (spray) maupun implan.

Kinetika Reaksi

Menurut Chan and Seider bahwa model kinetik pada reaksi propilen glikol merupakan orde pertama dengan persamaan kecepatan reaksi ($-r_A$) :

$$-r_A = \frac{dA}{dt}$$

$$-r_A = kC_A$$

$$k = Ae^{(-E/RT)}$$

Dimana :

k = konstanta kecepatan reaksi hidrasi propilen oksida

C_A = konsentrasi propilen oksida (kmol/jam)

A = frekuensi faktot

$$= 4,711 \times 10^9/\text{detik}$$

$$= 1,696 \times 10^{13}/\text{jam}$$

R = konstanta gas ideal

$$= 1,986 \text{ BTU/lb.mol.R}$$

E = energi aktivasi

$$= 32,400 \text{ BTU/lbmol}$$

T = suhu ($^{\circ}\text{R}$) pada suhu operasi

$$= (32\text{ }^{\circ}\text{C} + 273\text{ K}) \times 1,8$$

$$= 549\text{ }^{\circ}\text{R}$$

$$k = Ae^{(-E/RT)}$$

$$= 1,696 \times 10^{13} / \text{jam} \times e^{-32,400/1,986 \times 549}$$

$$= 1,696 \times 10^{13} \times e^{-29,7162}$$

$$= 1,696 \times 10^{13} \times 1,243 \times 10^{-13}$$

$$= 2,1081 / \text{jam}$$

Tinjauan Termodinamika

Propilen glikol merupakan hasil hidrasi propilen oksida yang berlangsung satu arah (irreversible) karena harga konstanta kesetimbangan (K) sangat besar.



Dengan menggunakan data termodinamika energi bebas gibbs, maka harga konstanta kesetimbangan dapat dievaluasi sebagaimana ditunjukkan dalam perhitungan berikut :

Tabel 1.3 Harga ΔG_f° masing-masing komponen

No	Komponen	ΔG_f° $_{298\text{K}}$ kJ/mol
1	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	-26,02
2	H_2O	228,60
3	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	-304,78
4	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_3$	-406,50

(Yaws, 1999)

Reaksi utama :

$$\begin{aligned}\Delta G_{f298,15K}^{\circ} &= \sum \Delta G_{f(\text{produk})}^{\circ} - \sum \Delta G_{f(\text{reaktan})}^{\circ} \\ &= -304,78 \text{ kJ/mol} - (-26,02 \text{ kJ/mol} + (-228,60 \text{ kJ/mol})) \\ &= -50,16 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Reaksi samping :

$$\begin{aligned}\Delta G_{f298,15K}^{\circ} &= \sum \Delta G_{f(\text{produk})}^{\circ} - \sum \Delta G_{f(\text{reaktan})}^{\circ} \\ &= -406,50 \text{ kJ/mol} - (-26,02 \text{ kJ/mol} + (-304,78 \text{ kJ/mol})) \\ &= -75,7 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total } \Delta G_{f298,15K}^{\circ} &= -50,16 \text{ kJ/mol} + -75,7 \text{ kJ/mol} \\ &= -125,86 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Konstanta kesetimbangan pada saat $T_{\text{reff}} = 298 \text{ K}$

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

Keterangan:

ΔG_f° = Energi bebas Gibbs standar (kJ/kmol)

$K_{298,15K}$ = Konstanta kesetimbangan

$$\begin{aligned}K_{298,15K} &= \text{EXP} \left(\frac{\Delta G_f^{\circ}}{-RT} \right) \\ &= \text{EXP} \left(- \frac{-125860 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol K} \times 298,15 \text{ K}} \right) \\ &= 1,12 \times 10^{22}\end{aligned}$$

Nilai konstanta kesetimbangan reaksi pada temperatur 32°C:

Harga ΔH_f° masing-masing komponen pada temperatur 298 K adalah sebagai berikut

Tabel 1.4 Harga ΔH_f° masing-masing komponen

No	Komponen	$\Delta H_f^\circ_{298,15K}(\text{kJ/mol})$
1	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	-92,8617
2	H_2O	-241,8000
3	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	-421,5974
4	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_3$	-628,2314

(Yaws,1999)

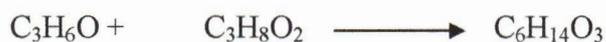
Reaksi utama :



Perhitungan ΔH_f reaksi :

$$\begin{aligned} \Delta H_{f,298,15} &= \sum \Delta H_{f, \text{produk}} - \sum \Delta H_{f, \text{reaktan}} \\ &= [\Delta H_{f, \text{propilen glikol}}] - [\Delta H_{f, \text{propilen oksida}} + \Delta H_{f, \text{air}}] \\ &= -421,5974 - [(-92,8617) + (-241,8000)] \\ &= -421,5974 - (-334,6617) \\ &= -86,9357 \text{ kJ/mol jam} \end{aligned}$$

Reaksi samping :



Perhitungan ΔH_f reaksi :

$$\Delta H_{f,298,15} = \sum \Delta H_{f, \text{produk}} - \sum \Delta H_{f, \text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned}
 &= [\Delta H_f \text{ dipropilen glikol}] - [\Delta H_f \text{ propilen oksida} + \Delta H_f \text{ propilen glikol}] \\
 &= -628,2314 - [(-92,8617) + (-421,5974)] \\
 &= -628,2314 - (-514,4590) \\
 &= -113,7724 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{f298,15} &= \Delta H_f \text{ reaksi 1} + \Delta H_f \text{ reaksi 2} \\
 &= -86,9357 + -113,7724 \\
 &= -200,7081 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Harga ΔH_R° menunjukkan harga negatif sehingga reaksi merupakan reaksi eksotermis. Untuk nilai K pada temperatur operasi ($T=32^\circ\text{C}$ atau 305 K), adalah

$$\ln \frac{K_1}{K_2} = - \left(\frac{\Delta H}{R} \right) \times \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

(Smith J.M & Van Ness H.C, 2001)

Dengan

K_1 = Konstanta Keseimbangan pada 298 K

K_2 = Konstanta Keseimbangan pada suhu operasi

T_1 = Suhu standar ($25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$)

T_2 = Suhu operasi ($32^\circ\text{C} = 305 \text{ K}$)

R = Tetapan gas ideal ($8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol K}$)

ΔH = Panas reaksi standar pada 298 K

$$\begin{aligned}
 \ln \frac{K_1}{K_2} &= - \left(\frac{200,7081}{8,314 \times 10^{-3}} \right) \times \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{305} \right) \\
 &= 24.140,9791 (7,7702 \times 10^{-5}) \\
 &= 1,8758
 \end{aligned}$$

$$\frac{K_1}{K_2} = \text{Exp } 1,8758$$

$$= 6,5260$$

$$K_2 = \frac{1,12 \times 10^{22}}{6,5260}$$

$$K_{305} = 1,7162 \times 10^{21}$$

Karena harga K yang sangat besar, maka reaksi produksi propilen glikol merupakan reaksi searah atau tidak dapat balik (*irrevesibel*).

