

**PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>) DARI  
PROPILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN KAPASITAS 45.000  
TON/TAHUN**

**(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi (MD-301))**

**(Skripsi)**

**Oleh:**

**SALSABILLA MUHARANI**

**NPM 1715041005**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

**PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL ( $C_3H_8O_2$ ) DARI  
PROPILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN KAPASITAS 45.000  
TON/TAHUN**

**(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi (MD-301))**

**Oleh:**

**SALSABILLA MUHARANI**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK PROPILLEN GLIKOL DARI PROPILLEN OKSIDA DAN AIR DENGAN KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

(PERANCANGAN MENARA DISTILASI (MD-301))

Oleh

SALSABILLA MUHARANI

Propilen glikol (1,2-Propadienol, 1,2-Dihydroexpropane atau 1,2-Propilen glikol) merupakan senyawa organik yang digunakan sebagai pengawet dan pelarut dalam industri makanan, sebagai *plastisizer* dan *antifreeze*. Propilen Glikol diproduksi dengan proses yaitu Hidrasi Propilen Oksida menggunakan katalis Asam sulfat. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem penyediaan *steam*, *chilled water*, dan sistem pembangkit tenaga listrik

Kapasitas produksi pabrik direncanakan 45.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 127 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 437.273.184.766
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 77.165.856.135
<i>Total Cost Investment</i>	(TCI)	= Rp 514.439.040.901
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 34,03%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 25,41%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub>	= 1,54 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub>	= 1,89 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub>	= 50,73%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub>	= 40,58%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 33,469%

Berdasarkan pertimbangan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik Propilen Glikol ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

Kata kunci : Propilen Glikol, Propilen Oksida, Air, Ekonomi

## ABSTRACT

### MANUFACTURING OF PROPYLENE GLYCOL FROM PROPYLENE OXIDE AND WATER WITH CAPACITY 45.000 TONS/YEAR

#### (DESIGN OF DISTILATION COLUMN (MD-301))

By

SALSABILLA MUHARANI

Propylene glycol (1,2-Propadienol, 1,2-Dihydroexpropane or 1,2-Propylene glycol) is an organic compound used as a preservative and solvent in the food industry, as a plasticizer and antifreeze. Propylene Glycol is produced by a process namely Hydration of Propylene Oxide using Sulfuric Acid catalyst. Provision of factory utility needs in the form of a water treatment and supply system, a steam supply system, chilled water, and a power generation system.

The factory's production capacity is planned to be 45,000 tons/year with 330 working days in 1 year. The factory location is planned to be established in the Gresik area, East Java. The workforce required is 127 people in the form of a Limited Liability Company (PT) with a line and staff organizational structure.

From the economic analysis is obtained:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 437.273.184.766
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 77.165.856.135
<i>Total Cost Investment</i>	(TCI)	= Rp 514.439.040.901
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 34,03%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 25,41%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub>	= 1,54 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub>	= 1,89 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub>	= 50,73%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub>	= 40,58%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 33,469%

Based on the considerations above, it is appropriate to study the establishment of this Propylene Glycol factory further, because it is a profitable factory and has good prospects..

Key Words : Propylene glycol, Propylene Oxide, Water, Economics.

# MENGESAHKAN

## 1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc., IPM

Sekretaris : Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.

## Penguji

Bukan pembimbing I : Dr. Hertantami, S.T., M.T.

Bukan Pembimbing II : Ir. Azhar, M.T.



## 2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. J  
NIP. 197509282001121001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 26 Juli 2023

Judul Skripsi

**: PRARANCANGAN PABRIK PROPILLEN GLIKOL  
(C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>) DARI PROPILLEN OKSIDA DAN AIR  
DENGAN KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi (MD-  
301))**

Nama Mahasiswa

**: Salsabilla Muharani**

Nomor Pokok Mahasiswa

**: 1715041005**

Program Studi

**: Teknik Kimia**


Fakultas

**: Teknik**

**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**


  
**Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc., IPM.**

  
**Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.**

**NIP. 196908071998021001**

**NIP. 196809021997022005**

2. **Ketua Jurusan**

  
**Yuli Darni, S.T., M.T.**

**NIP. 197407122000032001**

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku

Bandar Lampung, 29 September 2023



  
**Salsabilla Muharani**  
**NPM.1715041005**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Korpri Raya, Kec.Sukarame, Bandarlampung, Lampung pada tanggal 06 April 2000, sebagai anak terakhir dari tiga bersaudara dari bapak Mahrum dan ibu Wijiati. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 02 Harapan Jaya, Sukarame, Bandarlampung pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMPN 21 Bandarlampung pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di MAN 1 Bandarlampung pada tahun 2017.

Tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Pada tahun 2021, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. BUMA CIMA NUSANTARA, Kotabumi, Lampung dengan Tugas Khusus “Pra rancangan Cooler (CO-301) untuk pendinginan molases”. Pada Tahun 2021 juga penulis melakukan penelitian dengan judul “Adsorpsi logam merkuri (Hg) pada limbah pertambangan emas tradisional dengan menggunakan karbon aktif ampas kopi”. Penelitian tersebut telah dipublikasi pada tahun 2023 dalam Jurnal *Indonesian Journal of Chemical Science*.



“Kalau berani jangan takut-takut, kalau takut jangan sok berani”

“Hehehe”

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul **“Prarancangan Pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air dengan Kapasitas 45.000 ton/tahun”** dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tuaku tercinta, Bapak Mahrum dan Ibu Wijiati, , terima kasih atas segala sesuatu yang telah diberikan. Terima kasih atas doa yang selalu dipanjatkan. Dan maaf telah menunggu terlalu lama untuk melihat anak kalian menjadi sarjana, semoga hasil dari menunggu, pengorbanan dan perjalanan panjang ini penulis bisa memberikan sedikit balasan jerih payah kalian sampai mengantarkanku dengan kesuksesan yang selalu kalian doakan dan semoga Allah SWT memberikan perlindungan dan karunianya.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Yuli Darni ,S.T., M.T. ,selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung yang selalu memberikan semangat untuk terus belajar selama di Teknik kimia ini.

4. Bapak Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing I atas semua ilmu dibidang teknik maupun ilmu tetang kehidupan, saran, masukan dan bimbingan selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
5. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc sebagai dosen pembimbing II saya dan selaku dosen Pembimbing Akademik, Kerja Preaktek, Penelitian yang telah memberikan banyak pelajaran tentang bagaimana membentuk pola pikir, tanggung jawab, moral dan etika sebagai bekal yang sangat membantu kelak setelah lulus dari jenjang perkuliahan.
6. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. Selaku penguji I, yang telah memberikan saran, kritik dan telah menuntun untuk berfikir dengan benar.
7. Bapak Ir. Azhar M.T. sebagai dosen penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik serta meberikan pengarahan untuk menggunakan logika dengan baik.
8. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
9. Mas Asep, Mas Ferry, Mb Cece, Mb Dwi, Abang Alkan, Mamas Asa, Kakak L Mira dan Adik Umar yang tercinta terima kasih atas doa dan dukungan dan memberikan keceriaan di tengah pembuatan tugas akhir.
10. Fadhilah Nur Hanifah S.T selaku partner Tugas Akhir saya, terimakasih atas segala bantuannya selama ini Alhamdulillah dan semoga apapun yang sudah dilakukan mendapat balasan dari Allah SWT.

11. Tiara Muliannie S.T , partner Kerja Praktik (KP), terima kasih sudah menemani dan banyak membantu dari mulai dari pemberangkatan KP hingga selesai.
12. Kiky, Tiara, Mega, Esha, Fikri, Najal, Ferin teman-teman yang banyak membantu, meluangkan waktunya, dan meberikan banyak kesenangan ditengah banyak kesulitan yang penulis hadapi selama mengerjakan tugas akhir ini. Semoga semua dari kita masing-masing menjadi pribadi yang sukses di masa kelak. *See you on top,guys* .
13. Teman-teman TEKKIM 2017 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, teman-teman unik yang punya karakter masing-masing untuk suppot satu sama lain, tidak peduli bagaimana caranya, sebenarnya kami hanya terlalu sering bercanda untuk mencairkan suasana yang terlalu kaku di perkuliahan ini dan tetap kompak. yang Sudah memiliki gelar Sarjana semoga kelak kita Menjadi orang sukses dan tidak saling melupakan ikatan persaudaran sampai kapan pun.

Bandar Lampung, 29 September 2023

Salsabilla Muharani

**DAFTAR ISI**

<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiiivii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiiiviii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Kegunaan Produk .....	2
1.3 Kapasitas Produksi Rancangan .....	3
1.4 Penentuan Lokasi Pabrik.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	9
2.1 Jenis-jenis Proses .....	9
2.2 Tinjauan Proses .....	11
2.3 Pemilihan Proses .....	20
2.4 Deskripsi Proses .....	21
<b>III. SIFAT DAN SPESIFIKASI BAHAN BAKU</b> .....	24
3.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama.....	24
3.2 Spesifikasi Bahan Baku Penunjang.....	25
3.3 Spesifikasi Produk.....	26
<b>IV. NERACA MASSA DAN ENERGI</b> .....	27
4.1 Neraca Massa .....	28
4.2 Neraca Energi.....	33

<b>V. SPESIFIKASI PERALATAN PROSES DAN UTILITAS</b> .....	37
5.1. Spesifikasi Peralatan Proses .....	37
5.2. Spesifikasi Alat Utilitas.....	58
<b>VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH</b> .....	85
6.1 Unit Penyediaan Air .....	85
6.2 Unit Penyedia Steam .....	98
6.3 Sistem Pembangkit Tenaga Listrik .....	99
6.4. Unit Sistem Penyediaan bahan bakar .....	99
6.5. Unit Refrigerasi .....	99
6.6 Pengolahan Limbah.....	103
6.7 Laboratorium.....	104
6.8. Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	107
<b>VII. TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK</b> .....	110
7.1 Lokasi Pabrik .....	110
7.2 Tata Letak Pabrik .....	113
<b>VIII. ISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN</b> .....	120
8.1 <i>Project Master Schedule</i> .....	120
8.2. Bentuk Perusahaan .....	122
8.3 Struktur Organisasi Perusahaan .....	125
8.4 Tugas dan Wewenang .....	129
8.5 Status Karyawan dan Sistem Penggajian .....	139
8.6 Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	140
8.7 Jumlah Tenaga Kerja.....	142

8.8 Kesejahteraan Karyawan.....	145
8.9 Manajemen Produksi.....	150
<b>IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI .....</b>	<b>154</b>
9.1 Investasi .....	154
9.2. Evaluasi ekonomi .....	157
<b>X. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>163</b>
10.1 Kesimpulan .....	163
10.2 Saran.....	164
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>165</b>
<b>LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA.....</b>	<b>A-1</b>
<b>LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS.....</b>	<b>B-1</b>
<b>LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERLATAN PROSES DAN ALAT UTILITAS.....</b>	<b>C-1</b>
<b>LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS.....</b>	<b>D-1</b>
<b>LAMPIRAN E PERHITUNGAN EKONOMI.....</b>	<b>E-1</b>
<b>LAMPIRAN F TUGAS KHUSU PERANCANGAN.....</b>	<b>F-1</b>

**DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar 1.1.</b> Grafik Impor Propilen Glikol di Indonesia.....	3
<b>Gambar 1.2.</b> Lokasi Pabrik .....	6
<b>Gambar 2.1.</b> Blok Diagram Pembuatan Propilen Glikol Melalui Proses Hidrasi Propilen Oksida.....	10
<b>Gambar 2.2.</b> Blok Diagram Pembuatan Propilen Glikol Proses Hidrogenolisis Gliserol.....	11
<b>Gambar 2.3.</b> Blok Diagram Proses Pembuatan Propilen Glikol .....	23
<b>Gambar 6.1.</b> Diagram Alir Sistem Refrigerasi .....	100
<b>Gambar 6.2.</b> Skema Siklus Refrigerasi.....	101
<b>Gambar 7.1.</b> Lokasi Pabrik .....	113
<b>Gambar 7.2.</b> Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung.....	118
<b>Gambar 7.3.</b> Tata Letak Alat Proses.....	119
<b>Gambar 8.1.</b> Sturktur Organisasi Perusahaan .....	127
<b>Gambar 9.1.</b> Grafik Variasi Tingkat Produksi Basis Tahun.....	159
<b>Gambar 9.2.</b> Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> Terhadap Umur Pabrik.....	160



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1.</b> Data impor Propilen Glikol di Indonesia .....	3
<b>Tabel 1.2.</b> Tinjauan Pemilihan Lokasi Pabrik .....	5
<b>Tabel 2.1.</b> Tabel Berat Molekul dan Harga Komponen Bahan Baku dan Produk 11	
<b>Tabel 2.3.</b> Nilai $\Delta S^{\circ}_{f298}$ dan $\Delta H^{\circ}_{f298}$ setiap komponen (Yaws, 1999).....	16
<b>Tabel 2.4.</b> Konstanta Panas (Cp) setiap komponen (Yaws, 1999) .....	17
<b>Tabel 2.5.</b> Nilai $C_{p303}$ dan $S_{303}$ Setiap Komponen .....	17
<b>Tabel 2.6.</b> Nilai $\Delta S^{\circ}_{f298}$ dan $\Delta H^{\circ}_{f298}$ setiap komponen (Yaws, 1999).....	18
<b>Tabel 2.7.</b> Konstanta Panas (Cp) setiap komponen (Yaws, 1999) .....	19
<b>Tabel 2.8.</b> Nilai $C_{p473}$ dan $S_{473}$ Setiap Komponen .....	20
<b>Tabel 2.9.</b> Perbandingan Antara Proses Pembuatan <i>Propylene Glycol</i> Melalui Reaksi Hidrasi <i>Propylene Oxide</i> Dan Melalui Reaksi Hidrogenasi <i>Glycerol</i> .....	21
<b>Tabel 4.1.</b> Neraca Massa <i>Mixing Point</i> (MP-101).....	28
<b>Tabel 4.2.</b> Neraca Massa <i>Mixing Point</i> (MP-102).....	28
<b>Tabel 4.3.</b> Neraca Massa pada Reaktor (RE-201) .....	29
<b>Tabel 4.4.</b> Neraca Massa pada <i>Netralizer</i> (NE-201) .....	29
<b>Tabel 4.5.</b> Neraca Massa <i>Vaporiser</i> (VP-301) .....	30
<b>Tabel 4.6.</b> Neraca Massa Menara Distilasi (MD-301) .....	30
<b>Tabel 4.7.</b> Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-302) .....	31
<b>Tabel 4.8.</b> Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-301) .....	31
<b>Tabel 4.9.</b> Neraca Massa Menara Distilasi (MD-302) .....	31
<b>Tabel 4.10.</b> Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-303) .....	32
<b>Tabel 4.11.</b> Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-302) .....	32
<b>Tabel 4.12.</b> Neraca Energi Reaktor (RE-201) .....	33
<b>Tabel 4.13.</b> Neraca Energi <i>Neutralizer</i> (RE-202).....	34
<b>Tabel 4.14.</b> Neraca Energi <i>Vaporiser</i> (VP-301) .....	34
<b>Tabel 4.15.</b> Neraca Energi <i>Condenser</i> (CD-301) .....	34
<b>Tabel 4.16.</b> Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-301).....	35
<b>Tabel 4.17.</b> Neraca Energi Menara Distilasi (MD-301).....	35
<b>Tabel 4.18.</b> Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-301).....	35

<b>Tabel 4.19.</b> Neraca Energi Menara Distilasi (MD-302).....	36
<b>Tabel 4.20.</b> Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-302).....	36
<b>Tabel 5.1.</b> Spesifikasi Storage Tank Propilen Oksida (ST-101).....	37
<b>Tabel 5.2.</b> Spesifikasi Pompa (PP-101).....	38
<b>Tabel 5.3.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Metanol (ST-102).....	38
<b>Tabel 5.4.</b> Spesifikasi Pompa (PP-102).....	39
<b>Tabel 5.5.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Air (ST-103).....	39
<b>Tabel 5.6.</b> Spesifikasi Pompa (PP-103).....	40
<b>Tabel 5.7.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Asam Sulfat (ST-104).....	40
<b>Tabel 5.8.</b> Spesifikasi Pompa (PP-104).....	41
<b>Tabel 5.9.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Sodium Hidroksida (ST-105).....	41
<b>Tabel 5.10.</b> Spesifikasi Pompa (PP-105).....	42
<b>Tabel 5.11.</b> Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	42
<b>Tabel 5.12.</b> Spesifikasi Pompa (PP-201).....	43
<b>Tabel 5.13.</b> Spesifikasi Netralizer (RE-202).....	44
<b>Tabel 5.14.</b> Spesifikasi Pompa (PP-202).....	44
<b>Tabel 5.15.</b> Spesifikasi <i>Vaporiser</i> (VP-301).....	45
<b>Tabel 5.16.</b> Spesifikasi <i>Accumulator</i> 301 (AC-301).....	45
<b>Tabel 5.17.</b> Spesifikasi <i>Condensor</i> 301 (CD-301).....	46
<b>Tabel 5.18.</b> Spesifikasi <i>Accumulator</i> 302 (AC-302).....	47
<b>Tabel 5.19.</b> Spesifikasi Pompa (PP-301).....	47
<b>Tabel 5.20.</b> Spesifikasi Pompa (PP-302).....	48
<b>Tabel 5.21.</b> Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-301).....	48
<b>Tabel 5.22.</b> Spesifikasi Menara Distilasi (MD-301).....	49
<b>Tabel 5.23.</b> Spesifikasi <i>Condensor</i> 302 (CD-302).....	50
<b>Tabel 5.24.</b> Spesifikasi <i>Accumulator</i> 303 (AC-303).....	50
<b>Tabel 5.25.</b> Spesifikasi <i>Reboiler</i> 301 (RB-301).....	51
<b>Tabel 5.26.</b> Spesifikasi Pompa (PP-303).....	52
<b>Tabel 5.27.</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> 301 (CO-301).....	52
<b>Tabel 5.28.</b> Spesifikasi Pompa (PP-304).....	53
<b>Tabel 5.29.</b> Spesifikasi Menara Distilasi (MD-302).....	53
<b>Tabel 5.30.</b> Spesifikasi <i>Condensor</i> 303 (CD-303).....	54

<b>Tabel 5.31.</b> Spesifikasi <i>Accumulator</i> 304 (AC-304) .....	54
<b>Tabel 5.32.</b> Spesifikasi <i>Reboiler</i> 302 (RB-302) .....	55
<b>Tabel 5.33.</b> Spesifikasi Pompa (PP-305).....	56
<b>Tabel 5.34.</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-302).....	56
<b>Tabel 5.35.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Propilen Glikol (ST-301).....	57
<b>Tabel 5.36.</b> Spesifikasi Alat <i>Bar Screener</i> (SR-401) .....	58
<b>Tabel 5.37.</b> Spesifikasi Bak Koagulasi (BK – 401).....	58
<b>Tabel 5.38.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Kaporit (ST-401) .....	59
<b>Tabel 5.39.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Alum (ST-402).....	59
<b>Tabel 5.40.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-403) .....	60
<b>Tabel 5.41.</b> Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401).....	61
<b>Tabel 5.42.</b> Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401) .....	61
<b>Tabel 5.43.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Air Filter (ST-404) .....	62
<b>Tabel 5.44.</b> Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB-401) .....	62
<b>Tabel 5.45.</b> Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401).....	63
<b>Tabel 5.46.</b> Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401) .....	63
<b>Tabel 5.47.</b> Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401) .....	64
<b>Tabel 5.48.</b> Spesifikasi Demin Water Tank (DWT-408).....	65
<b>Tabel 5.49.</b> Spesifikasi Deaerator (DE-401).....	65
<b>Tabel 5.50.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Air Proses (ST-409).....	66
<b>Tabel 5.51.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Hidrazin (ST-409).....	67
<b>Tabel 5.52.</b> Spesifikasi <i>Boiler</i> (B-401) .....	67
<b>Tabel 5.53.</b> Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-503).....	68
<b>Tabel 5.54.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401).....	68
<b>Tabel 5.55.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402).....	69
<b>Tabel 5.56.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403).....	69
<b>Tabel 5.57.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404).....	70
<b>Tabel 5.58.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405).....	70
<b>Tabel 5.59.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406).....	71
<b>Tabel 5.60.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407).....	72
<b>Tabel 5.61.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408).....	72
<b>Tabel 5.62.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409).....	73

<b>Tabel 5.63.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410).....	73
<b>Tabel 5.64.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411).....	74
<b>Tabel 5.65.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412).....	74
<b>Tabel 5.66.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413).....	75
<b>Tabel 5.67.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414).....	75
<b>Tabel 5.68.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415).....	76
<b>Tabel 5.69.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416).....	77
<b>Tabel 5.70.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417).....	77
<b>Tabel 5.71.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418).....	78
<b>Tabel 5.72.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419).....	78
<b>Tabel 5.73.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420).....	79
<b>Tabel 5.74.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-421).....	79
<b>Tabel 5.75.</b> Spesifikasi <i>Receiver</i> (RC-501) .....	80
<b>Tabel 5.76.</b> Spesifikasi <i>Expansionr Valve</i> (EX-501).....	81
<b>Tabel 5.77.</b> Spesifikasi <i>Chiller</i> (CC-501) .....	81
<b>Tabel 5.78.</b> Spesifikasi <i>Compressor</i> (CP-501) .....	82
<b>Tabel 5.79.</b> Spesifikasi <i>Compressor</i> (CD-501).....	83
<b>Tabel 5.80.</b> Spesifikasi Generator (GS-701).....	84
<b>Tabel 6.1.</b> Kebutuhan Air Umum .....	86
<b>Tabel 6.2.</b> Kebutuhan Air untuk Pembangkit <i>Steam</i> .....	87
<b>Tabel 6.3.</b> Kebutuhan Air Pendingin .....	89
<b>Tabel 6.4.</b> Kebutuhan Air Proses.....	90
<b>Tabel 6.5.</b> Kebutuhan Air <i>Hidrant</i> .....	90
<b>Tabel 6.6.</b> Kebutuhan Air Total.....	91
<b>Tabel 6.7.</b> Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian. ....	108
<b>Tabel 6.8.</b> Pengendalian Variabel Utama Proses.....	109
<b>Tabel 7.1.</b> Perincian Luas Area Pabrik Propilen Glikol .....	117
<b>Tabel 8.2.</b> Jadwal Kerja Regu <i>Shift</i> .....	142
<b>Tabel 8.3.</b> Jumlah Operator Produksi Berdasarkan Jenis Alat .....	143
<b>Tabel 8.4.</b> Jumlah Operator Utilitas Berdasarkan Jenis Alat.....	143
<b>Tabel 8.5.</b> Penggolongan Tenaga Kerja .....	144
<b>Tabel 9.1.</b> <i>Fixed Capital Investment</i> .....	154

<b>Tabel 9.2.</b> <i>Manufacturing Cost</i> .....	156
<b>Tabel 9.3.</b> <i>General Expenses</i> .....	157
<b>Tabel 9.4.</b> Angsuran Pinjaman .....	159
<b>Tabel 9.5.</b> Periode Pengembalian Modal dan Perkiraan Nilai IRR.....	161

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebagai salah satu negara berkembang, Indonesia harus mampu bersaing dalam era globalisasi. Dalam era globalisasi saat ini, Indonesia menunjukkan pertumbuhan pesat terutama dalam bidang industri. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut bangsa Indonesia menuju arah industrialisasi. Sampai saat ini pembangunan sektor industri di Indonesia mengalami peningkatan, salah satunya adalah industri kimia yang menghasilkan produk jadi maupun produk antara (*intermediate*) untuk diolah lebih lanjut.

Untuk mencapai kemajuan di bidang industri khususnya industri kimia, maka kebutuhan bahan-bahan dasar kimia didalam negeri perlu ditumbuhkan dan dikembangkan. Pembangunan dan pengembangan industri kimia di Indonesia merupakan salah satu dari usaha pembangunan nasional jangka panjang yang diharapkan mampu mengurangi ketergantungan impor bahan kimia dari negara lain, memperluas lapangan pekerjaan, menghemat devisa negara dan mempercepat laju pertumbuhan ekonomi.

Berdasarkan PP Republik Indonesia No.2/2018 tentang Kebijakan Industri Nasional Tahun 2015-2019 dalam pelaksana Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional Tahun 2015-2035, propilen glikol merupakan jenis industri yang diprioritaskan untuk dibangun. Propilen glikol (1,2-Propadienol, 1,2-Dihydroexpropane atau 1,2-Propilen glikol) merupakan senyawa organik yang banyak digunakan sebagai pengawet dan pelarut dalam industri makanan, bahan

pelembut dan pelembab pada industri kosmetik, campuran obat, sebagai *plastisizer* dan *antifreeze*, serta sebagai bahan aditif dalam industri pembuatan cat (Ullmann, 2018). Dilihat dari fungsinya kebutuhan propilen glikol ini akan semakin meningkat dengan banyaknya penggunaan propilen glikol dalam berbagai industri.

Pada tahun 2018 kebutuhan propilen glikol di Indonesia mencapai 37.023 ton. Angka ini terus meningkat sampai 40.151 ton pada tahun 2022 yang seluruhnya diperoleh dari impor beberapa negara seperti, Cina, Singapura, Thailand, dan Korea (Badan Pusat Statistika, 2023). Dengan memperhatikan kebutuhan dalam negeri dan kegunaannya, maka pabrik pembuatan propilen glikol ini sangat potensial didirikan di Indonesia. Sehubungan dengan hal tersebut maka dibuatlah suatu pra rancangan pabrik pembuatan propilen glikol dengan bahan baku propilen oksida dan air.

## **1.2 Kegunaan Produk**

Propilen glikol yang mempunyai nama kimia 1,2-Propadienol, 1,2-Dihydroexpropane atau 1,2-Propilen glikol paling besar digunakan dalam pembuatan resin poliester tak jenuh, yang diaplikasikan untuk produk akhir seperti plastik otomotif, fiberglass untuk perahu, dan bahan konstruksi. Selain itu, propilen glikol juga banyak dimanfaatkan dalam industri makanan dan farmasi karena senyawa tersebut diklaim aman oleh FDA di Amerika Serikat. Propilen glikol digunakan sebagai humektan, pelarut dan pengawet dalam makanan dan produk makanan hewan.

Didalam industri makanan, propilen glikol digunakan sebagai pelumas mesin, pelarut dalam pengolahan makanan dan pembungkus makanan, serta sebagai *antifreeze* dalam air pendingin mesin (Ullman, 2018).

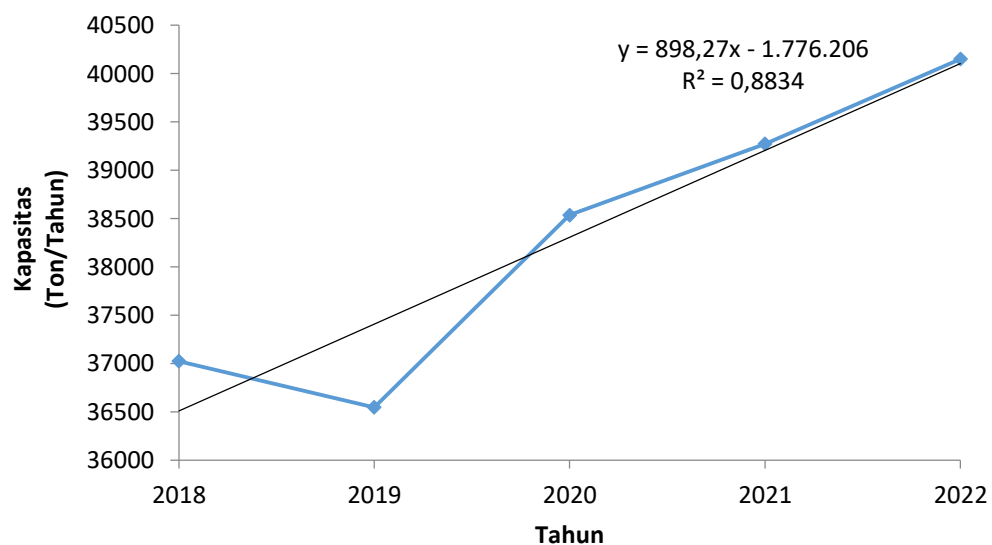
### 1.3 Kapasitas Produksi Rancangan

Salah satu faktor penting dalam pendirian pabrik adalah kapasitas pabrik. Dalam menentukan besar kecilnya kapasitas pabrik propilen glikol yang akan dirancang, sebelumnya perlu diketahui dengan jelas kebutuhan impor dalam negeri. Hal ini dilakukan untuk melihat banyaknya kapasitas yang perlu di cukupi didalam negeri. Data impor propilen glikol di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut.

**Tabel 1. 1.** Data impor Propilen Glikol di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
2018	37.023,767
2019	36.547,542
2020	38.536,024
2021	39.273,933
2022	40.151.939

Sumber: BPS (Badan Pusat Statistik)



**Gambar 1. 1.** Grafik Impor Propilen Glikol di Indonesia



Pada Gambar 1.1, Grafik sumbu-x merupakan tahun. Berdasarkan data-data yang sudah diplotkan pada Gambar 1.1 dilakukan pendekatan berupa garis lurus,  $y = mx + C$ .

dimana :  $y$  = kebutuhan impor propilen glikol (ton/tahun)

$x$  = tahun ke (2027)

$m$  = slope

$C$  = *intercept*  $y$

didapatkan nilai slope sebesar :

$$m = \frac{n \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 898,27$$

dan didapatkan juga nilai *intercept* sebesar :

$$C = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum xy \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = -1.776.206$$

Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan  $y = 1898,27x - 1,776.206$  yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan impor propilen glikol di Indonesia pada tahun 2027. Dengan persamaan garis lurus tersebut didapatkan prediksi jumlah kebutuhan impor propilen glikol di Indonesia sebesar 44.588 ton/tahun, sehingga kapasitas pabrik propilen glikol yang akan dibangun pada tahun 2027 sebesar 45.000 ton/tahun. Dengan kapasitas sebesar ini diharapkan:

- Dapat menghentikan impor propilen glikol dari luar negeri yang terus meningkat, sehingga kebutuhan dalam negeri dapat terpenuhi dengan hasil produksi pabrik lokal.
- Dapat menggerakkan pertumbuhan industri dengan membuka kesempatan berdirinya industri lain yang menggunakan propilen glikol sebagai bahan baku.

- Membuka lapangan kerja bagi penduduk di sekitar wilayah industri.

#### 1.4 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kelangsungan suatu pabrik untuk beroperasi. Sebelumnya dilakukan peninjauan lokasi pabrik yang terdiri dari 3 lokasi yakni di Kosambi, Samarinda dan Kasemen. Pemilihan di tiga daerah tersebut didasari oleh kedekatan jarak antar lokasi pabrik dengan sumber bahan baku pembuatan Propilen glikol yakni pabrik Propilen oksida dan juga pelabuhan. Tinjauan pemilihan lokasi dapat dilihat pada Tabel 1.2 sebagai berikut:

**Tabel 1. 2** Tinjauan Pemilihan Lokasi Pabrik

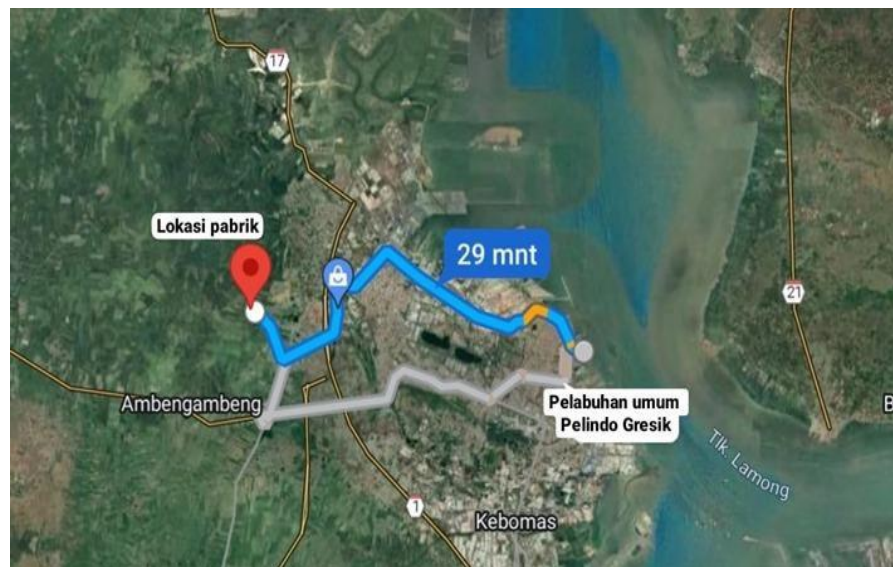
Tinjauan	Kosambi, Tangerang, Banten	Kalimantan Timur, Samarinda	Manyar, Gresik, Jawa timur
Pelabuhan terdekat	Pelabuhan Tanjung Priok	Pelabuhan Kampung Baru pelindo	Pelabuhan Pelindo Gresik
Jarak ke pelabuhan	35 km (****)	100 km (*)	12 km (****)
Pabrik propilen oksida terdekat	PT. Dow Chemical Industri	PT. Dow Chemical Industri	PT. Dow Chemical Industri
Jarak ke pabrik propilen oksida	3.156 km (*)	5.133 km (*)	3.900 km (*)
Konsumen	Terdapat beberapa konsumen dengan jarak cukup jauh (***)	Terdapat hanya beberapa konsumen dan jarak yang jauh (*)	Terdapat banyak konsumen dan jarak lebih dekat (****)
Sumber air	Sungai Kosambi	Sungai Ampal	Sungai

			Kalilamong
Jarak dari Sumber	1,3 km	1,5 km	1 km
Air	(***)	(*)	(****)
Debit	30,52 m <sup>3</sup> /detik <sup>1</sup>	83,80 m <sup>3</sup> /detik <sup>2</sup>	250 m <sup>3</sup> /detik <sup>3</sup>
	(**)	(***)	(****)

Keterangan : \* = kurang baik, \*\* = cukup baik, \*\*\* = baik, \*\*\*\* = sangat baik

Sumber : (tabloid.contras.com, data.pu.go.id)

Berdasarkan tabel tinjauan pemilihan lokasi di atas, maka Pabrik propylene glycol ini direncanakan didirikan di kawasan industri *Java Integrated Industrial Port Estate* (JIPE), Desa Tebalo, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Lokasi pabrik propilen glikol dapat dilihat pada Gambar 1.2 di bawah ini:



**Gambar 1. 2.** Lokasi Pabrik (Google Maps - ©2023 Google)

Adapun dasar pertimbangan pemilihan lokasi tersebut adalah sebagai berikut:

#### 1. Ketersediaan bahan baku

Pabrik propilen glikol harus dibangun dekat dengan sumber daya bahan bakunya. Bahan baku yang digunakan adalah propilen oksida yang diimpor dari Dow Chemical Company Thailand, asam sulfat dari PT.Petrokimia Gresik, sodium hidroksida didapatkan dari PT. Asiamarco Pacific Indonesia di Surabaya, metanol didapatkan dari PT. Kaltim Metanol Industri di Kalimantan sehingga lokasi yang dipilih dekat dengan pelabuhan umum Pelindo Gresik untuk memudahkan transportasi bahan baku.

#### 2. Kebutuhan air

Air sangat diperlukan karena air merupakan bahan baku dalam proses pembuatan propilen glikol. Selain itu air memiliki banyak kegunaan dalam proses industri seperti pada proses pengolahan air untuk pendinginan dan kebutuhan steam. Oleh sebab itu, lokasi pabrik sebaiknya berdekatan dengan sumber air untuk mempermudah jalannya proses industri. Untuk kebutuhan air pada pabrik ini diperoleh dari Sungai Kali Lamong yang terletak di Gresik, Sungai Bengawan Solo dan Sungai Brantas yang berada tidak jauh dari Gresik.

#### 3. Sarana transportasi

Pabrik akan dibangun di Gresik, hal ini memudahkan akses transportasi produk karena di Gresik akan dijadikan kawasan industri (JIPE) di Indonesia. Dan lokasi pabrik juga dekat dengan Jalan Tol Gresik – Surabaya yang akan memudahkan akses pengiriman produk maupun bahan baku.

#### 4. Sumber bahan bakar dan telekomunikasi

Pada JIPE telah tersedia pembangkit listrik 13 Megawatt sejak November 2017 yang dipastikan akan bertambah seiring bertambahnya pabrik dikawasan

industri tersebut. Selain itu JIPE juga untuk sistem telekomunikasi sudah terhubung dengan fiber optik dan internet broadband.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Jenis-jenis Proses

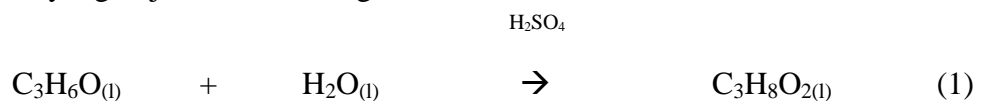
Propilen glikol adalah salah satu senyawa turunan dari propilen yang mempunyai rumus kimia  $C_3H_8O_2$  dengan nama IUPAC 1,2-Propanediol. Senyawa ini mempunyai sifat jernih, cair, kental, sedikit berbau, sedikit pahit, dan memiliki tekanan uap rendah (Kirk Othmer, 2004).

Pada tahun 1859, propilen glikol pertama kali diproduksi oleh Wurtz dengan cara hidrolisis propilen glikol diasetat. Namun propilen glikol baru dikomersialkan pada tahun 1931 oleh Carbide and Carbon Chemicals Corp sebagai pengganti gliserol dalam obat-obatan (Kirk Othmer, 2004).

Dalam pembuatan propilen glikol secara industri dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain:

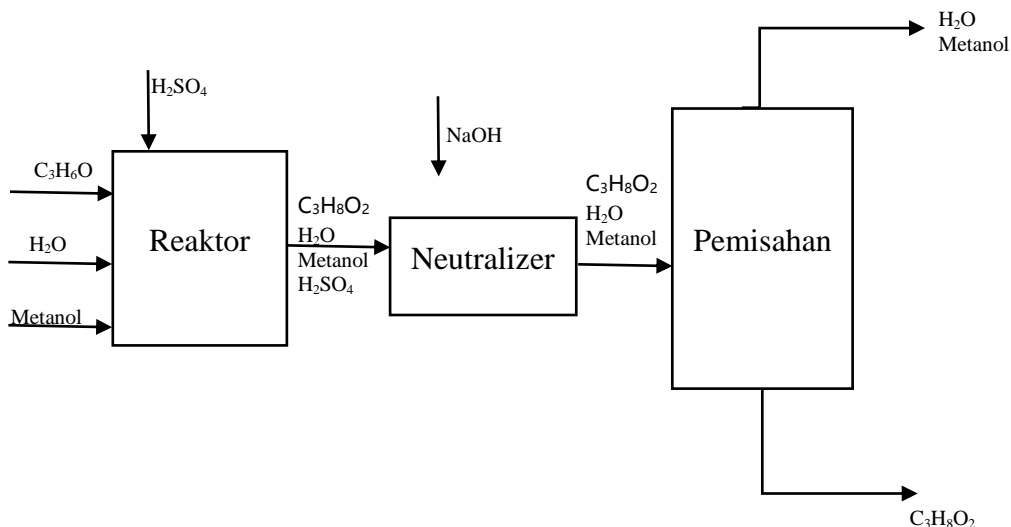
#### 1. Hidrasi Propilen Oksida

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Propilen glikol ( $C_3H_8O_2$ ) diproduksi dari propilen oksida ( $C_3H_6O$ ) melalui hidrolisis fase cair dengan air serta dengan adanya asam sulfat sebagai katalis. Reaksi berlangsung pada suhu lingkungan pada sebuah reaktor alir tangki berpengaduk. Metanol ditambahkan untuk mencegah terjadinya pemisahan fasa dikarenakan propilen oksida tidak larut didalam air. Konversi propilen glikol

yang dihasilkan sebesar 90% dengan tingkat kemurnian mencapai 99% (Chan dan Seider, 2004)



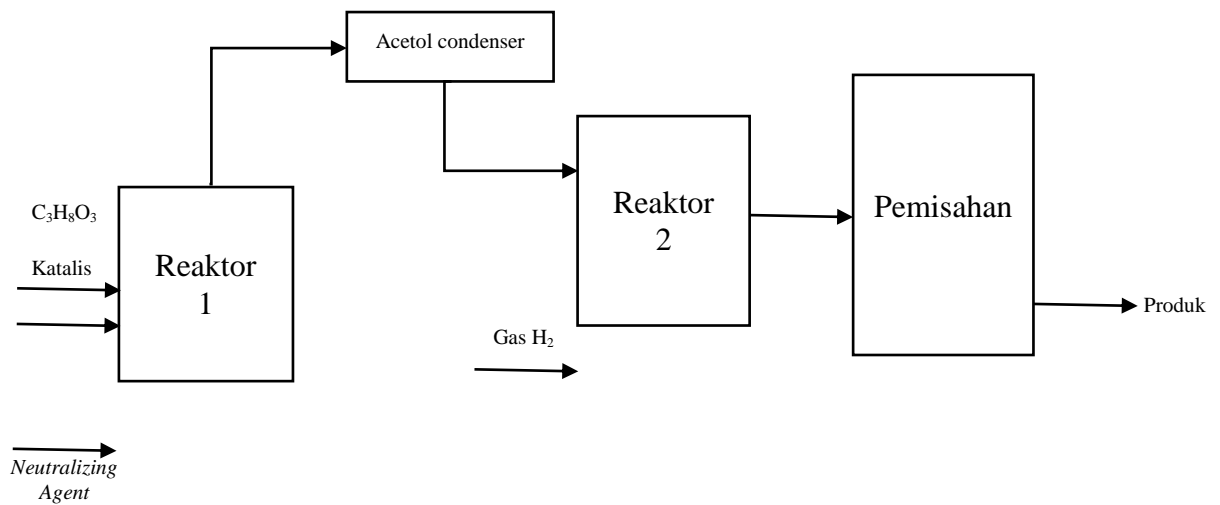
**Gambar 2. 1.** Blok Diagram Pembuatan Propilen Glikol Melalui Proses Hidrasi Propilen Oksida

## 2. Hidrogenolisis Gliserol

Gliserol dapat di hidrogenasi menjadi propilen glikol dengan adanya katalis logam. Reaksi berlangsung dalam 2 tahapan proses, pertama gliserol dikonversikan menjadi asetol dengan bantuan katalis logam, setelah itu asetol dihidrogenasi menjadi propilen glikol menggunakan katalis yang sama. Selektivitas produk bergantung pada katalis yang digunakan, dan katalis terbaik merupakan *copper chromite* (Ullman, 2019). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reaksi berlangsung pada suhu 200°C dan tekanan gas hidrogen sebesar 200 psi. Konversi propilen glikol yang dihasilkan sebesar 85% (Dasari, et al., 2005).



**Gambar 2. 2.** Blok Diagram Pembuatan Propilen Glikol Melalui Proses Hidrogenolisis Gliserol

## 2.2 Tinjauan Proses

### 1. Berdasarkan Kelayakan Ekonomi

Kapasitas produksi yang dirancang pada pendirian pabrik *propylene glycol* di tahun 2027 ini sebesar 45.000 ton/ tahun. Dalam satu tahun, pabrik dirancang untuk beroperasi selama 330 hari, maka kapasitas produksi untuk setiap  $\frac{kg}{jam}$  sebesar :

$$\frac{45.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} = \frac{5.682,0562 \text{ kg}}{\text{jam}}$$

**Tabel 2. 1.** Tabel Berat Molekul dan Harga Komponen Bahan Baku dan Produk

Komponen	BM (kg/jam)	Harga (\$/kg)
$C_3H_6O_{(l)}$	0,05808	1,8
$H_2O_{(l)}$	0,01801	-
$C_3H_8O_{3(l)}$	0,09209	1,3
$C_3H_6O_{2(l)}$	0,07401	1,2
$H_{2(g)}$	0,001	3



$C_3H_8O_{2(l)}$	0,07609	2,8
------------------	---------	-----

### 1. Hidrasi Propilen Oksida

$C_3H_6O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightarrow C_3H_8O_{2(l)}$   
 Untuk kapasitas produksi  $C_3H_8O_{2(l)}$  sebesar  $\frac{5.682,0562 \text{ kg}}{\text{jam}}$  dengan besar konversi

reaksi antara  $C_3H_6O_{(l)}$  dan  $H_2O_{(l)}$  sebesar 90% , maka jumlah mol/jam  $C_3H_8O_2$  yang dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_3H_8O_2 &= \frac{\text{massa}}{BM} \\ &= \frac{5.682,0562 \text{ kg jam}}{76,09 \text{ g/mol}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \\ &= 74.675,4659 \text{ mol/jam} \end{aligned}$$

Maka:

	$C_3H_6O_{(l)}$	+	$H_2O_{(l)}$	$\rightarrow$	$C_3H_8O_{2(l)}$	
Mula-mula	74.675,46/0,90		74.675,46/0,90		-	
Bereaksi	1/1*74.675,46		1/1*74.675,46		74.675,46	mol/jam
Sisa	-		-		74.675,46	mol/jam

Diperoleh:

	$C_3H_6O_{(l)}$	+	$H_2O_{(l)}$	$\rightarrow$	$C_3H_8O_{2(l)}$	
Mula-mula	82.972,73		82.972,73		-	
Bereaksi	74.675,46		74.675,46		74.675,46	mol/jam
Sisa	8.297,27		8.297,27		74.675,46	mol/jam

➤ Propylene Oxide ( $C_3H_6O$ ) yang dibutuhkan sebagai umpan

$$\begin{aligned} \text{Massa mula-mula} &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 82.972,73 \text{ mol/jam} \times 0,05808 \text{ kg/mol} \\ &= 4.819,05 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cost } C_3H_6O &= \text{massa} \times \text{harga/kg} \\ &= 4.819,05 \text{ kg/jam} \times 1,8 \text{ \$/kg} \\ &= 8.674,30 \text{ \$/jam} \end{aligned}$$

➤ Propylene glycol ( $C_3H_8O_2$ ) yang dihasilkan

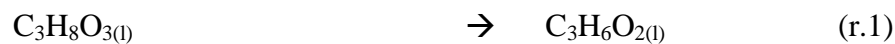
$$\begin{aligned} \text{Massa yang dihasilkan} &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 74.675,46 \text{ mol/jam} \times 0,07609 \text{ kg/mol} \\ &= 5.682,06 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cost } C_3H_6O_2 &= \text{massa yang dibutuhkan} \times \text{harga/kg} \\ &= 5.682,06 \text{ kg/jam} \times 2,8 \text{ \$/kg} \\ &= 15.909,75 \text{ \$/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan} &= \text{Harga produk} - \text{Harga bahan baku} \\ &= 15.909,75 \text{ \$/jam} - 8.674,30 \text{ \$/jam} \\ &= 7.235,45 \text{ \$/jam} \\ &= 57.304.805,51 \text{ \$/tahun} \end{aligned}$$

## 2. Hidrogenasi Gliserol

Reaksi pembentukan *propylene glycol* dari gliserol melalui reaksi sebagai berikut:



Untuk kapasitas produksi  $C_3H_8O_2(l)$  sebesar  $\frac{5.682,0562 \text{ kg}}{\text{jam}}$  dengan besar konversi

reaksi antara  $C_3H_6O_2(l)$  dan  $H_2(g)$  sebesar 85% , maka jumlah mol/jam  $C_3H_8O_2$  yang dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_3H_8O_2 &= \frac{\text{massa}}{\text{BM}} \\ &= \frac{5.682,0562 \text{ kg/jam}}{76,09 \text{ g/mol}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \\ &= 74.675,4659 \text{ mol/jam} \end{aligned}$$

Maka:

	$C_3H_6O_2(l)$	+	$H_2(g)$	→	$C_3H_8O_2(l)$	
Mula-mula	74.675,46/0,85		74.675,46/0,85		-	
Bereaksi	1/1*74.675,46		1/1*74.675,46		74.675,46	mol/jam
Sisa					74.675,46	mol/jam

Diperoleh:

	$C_3H_6O_{2(l)}$	+	$H_{2(g)}$	$\longrightarrow$	$C_3H_8O_{2(l)}$	
Mula-mula	87.853,49		87.853,49		-	
Bereaksi	74.675,46		74.675,46		74.675,46	mol/jam
Sisa	13.178,02		13.178,02		74.675,46	mol/jam

Dari reaksi 2, diketahui jika dibutuhkan  $C_3H_6O_{2(l)}$  sebanyak 87.853,49 mol/jam, dan konversi reaksi antara  $C_3H_6O_{2(l)}$  dengan  $H_{2(g)}$  sebesar 99%, maka:

	$C_3H_6O_{2(l)}$	$\longrightarrow$	$C_3H_6O_{2(l)}$	
Mula-mula	87.853,49/0,99		-	
Bereaksi	1/1*87.853,49		87.853,49	mol/jam
Sisa			87.853,49	mol/jam

Diperoleh :

	$C_3H_6O_{2(l)}$	$\longrightarrow$	$C_3H_6O_{2(l)}$	
Mula-mula	88.740,90		-	
Bereaksi	87.853,49		87.853,49	mol/jam
Sisa	887,41		87.853,49	mol/jam

➤ Gliserol ( $C_3H_6O_2$ ) yang dibutuhkan sebagai umpan

$$\begin{aligned}
 \text{Massa mula-mula} &= \text{mol} \times \text{BM} \\
 &= 88.740,90 \text{ mol/jam} \times 0,09209 \text{ kg/mol} \\
 &= 8.172,14 \text{ kg/jam} \\
 \text{Cost } C_3H_6O_2 &= \text{massa mula-mula} \times \text{harga/kg} \\
 &= 8.172,14 \text{ kg/jam} \times 1,3 \text{ \$/kg} \\
 &= 10.623,79 \text{ \$/jam}
 \end{aligned}$$

➤ Gas Hidrogen ( $H_2$ ) yang dibutuhkan sebagai umpan

$$\text{Massa mula-mula} = \text{mol} \times \text{BM}$$

$$= 87.853,49 \text{ mol/jam} \times 0,001 \text{ kg/mol}$$

$$= 87,85 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Cost H}_2 = \text{massa mula-mula} \times \text{harga/kg}$$

$$= 87,85 \text{ kg/jam} \times 3 \text{ \$/kg}$$

$$= 263,56 \text{ \$/kg}$$

➤ Propylene glycol (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>) yang dihasilkan

$$\text{Massa yang dihasilkan} = \text{mol} \times \text{BM}$$

$$= 74.675,46 \times 0,07609$$

$$= 5.682,05 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Cost C}_3\text{H}_8\text{O}_2 = \text{massa yang dibutuhkan} \times \text{harga/kg}$$

$$= 5.682,05 \text{ kg/jam} \times 2,8 \text{ \$/kg}$$

$$= 15.909,75 \text{ \$/jam}$$

$$\text{Keuntungan} = \text{Harga produk} - \text{Harga bahan baku}$$

$$= 15.909,75 \text{ \$/jam} - (10.623,79 + 263,56) \text{ \$/jam}$$

$$= 5.022,40 \text{ \$/jam}$$

$$= 39.777.429,97 \text{ \$/tahun}$$

## 2. Berdasarkan Termodinamika

Pemilihan proses berdasarkan kelayakan termodinamika dapat dilihat dari nilai perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) dan perubahan *gibbs free energy* ( $\Delta G$ ). Pada sebuah proses kimia perlu diketahui bagaimana kondisi panas reaksi untuk sebuah proses berjalan dengan optimal sehingga diketahui apakah proses berjalan membutuhkan panas atau menghasilkan panas sebagai dasar dalam mendesain reaktor (Smith *et al.*, 2001).

Panas pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) merupakan besarnya panas reaksi yang dihasilkan atau dibutuhkan untuk berlangsungnya suatu reaksi kimia.  $\Delta H$  yang bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas pada proses berlangsungnya reaksi (*endoterm*), sedangkan  $\Delta H$  yang bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi (*eksoterm*).

Sedangkan Energi Gibbs standar ( $\Delta G_f^\circ$ ) menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia.  $\Delta G$  atau perubahan *Gibbs free energy* yang mengidentifikasi apakah sebuah proses berjalan secara spontan ( $\Delta G < 0$ ) dan hanya sedikit membutuhkan energi, pada kesetimbangan ( $\Delta G = 0$ ) atau proses ( $\Delta G > 0$ ) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. (Lee, 2000). Nilai  $\Delta H$  dan  $\Delta G$  reaksi dari kedua proses dapat dihitung sebagai berikut:

#### 1. Hidrasi Propilen Oksida



**Tabel 2. 2.** Nilai  $\Delta S^\circ_{f298}$  dan  $\Delta H^\circ_{f298}$  setiap komponen (Yaws, 1999)

Komponen	$\Delta H^\circ_{f298}$ (kJ/mol)	$\Delta S^\circ_{f298}$ (J/mol)
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{(l)}$	-92,76	-224,69
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-241,8	10,062
$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_{2(l)}$	-433	-431,06

$$\Delta H^\circ = \sum_i v_i \cdot \Delta H^\circ f_i \quad (\text{Smith } et al., 2001)$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= \Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2 - (\Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_6\text{O} + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) \\ &= -98,44 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui kondisi termodinamika disuhu reaksi 30°C, maka digunakan perhitungan sebagai berikut

$$\Delta H^\circ_{\text{reaksi}} = \Delta H^\circ_0 + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot dT \quad (\text{Smith } et al., 2001)$$

$$\int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} \cdot dT = \Delta A(T-T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2-T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3-T_0^3) + \frac{\Delta D}{4}(T^4-T_0^4)$$

Berikut ini adalah nilai kapasitas panas (Cp) untuk masing-masing komponen:

**Tabel 2. 3.** Konstanta Panas (Cp) setiap komponen (Yaws, 1999)

Komponen	Koefisien	A	B	C	D
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>(l)</sub>	-1	53,347	0,5154	-1,8029E-03	2,7795E-06
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	-1	92,053	-3,9953E-02	-2,1103E-04	5,3469E-07
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2(l)</sub>	1	118,614	0,6728	-1,8377E-03	2,1303E-06
Δ		-26,786	0,197353	0,00017623	-1,1838E-06

$$\begin{aligned} \int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} \cdot dT &= (-26,786)(303,15-298,15) + \frac{0,197353}{2}(303,15^2 - 298,15^2) + \frac{0,00017623}{3}(303,15^3 - 298,15^3) + \dots \\ &= 81,5129 \text{ J/mol} \\ &= 0,0815 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \Delta H &= \Delta H^0 + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT \\ &= (-98,44 \text{ kJ/mol}) + ((8,314\text{E-}03 \text{ kJ/mol}) \times (0,0815 \text{ kJ/mol})) \\ &= -98,4393 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (\text{Chang, 2004})$$

$$\Delta G_{303} = \Delta H_{303} - T\Delta S_{303}$$

$$S_2 = S_1 + C_p \ln \frac{T_1}{T_2} \quad (\text{Chang, 2004})$$

$$S_{303} = S_{298} + C_p \ln \frac{T_1}{T_2}$$

$$C_p = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3$$

Dengan data S<sub>1</sub> pada Tabel 2.3 dan data konstanta kapasitas panas pada Tabel 2.4 maka Cp dan S pada suhu 30°C dapat dihitung dan didapatkan hasil sebagai berikut

**Tabel 2. 4** Nilai Cp<sub>303</sub> dan S<sub>303</sub> Setiap Komponen

Komponen	Cp <sub>303</sub> (J/mol.K)	S <sub>303</sub> (J/mol.K)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>(l)</sub>	1,2135E+02	-2,2671E+02
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	7,5444E+01	8,8073E+00
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2(l)</sub>	2,1305E+02	-4,3460E+02

$$\text{Maka, } \Delta S = \sum_i v_i \cdot \Delta S \quad (\text{Chang, 2004})$$

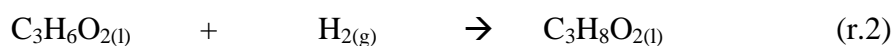
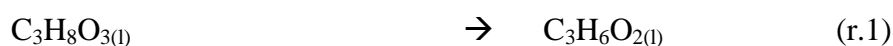
$$\begin{aligned} \Delta S_{303} &= \Delta S \text{ C}_3\text{H}_8\text{O}_2 - (\Delta S \text{ C}_3\text{H}_6\text{O} + \Delta S \text{ H}_2\text{O}) \\ &= -434,60 - (-226,70 + 8,80) \\ &= -216,70 \text{ J/mol.K} \\ &= -0,21670 \text{ kJ/mol.K} \end{aligned}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\begin{aligned} \Delta G_{303} &= -98,4393 \text{ kJ/mol} - (303,15 \text{ K} \times -0,21670 \text{ kJ/mol.K}) \\ &= -32,73 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Panas reaksi total = -98,4393 kJ/mol. Panas reaksi bernilai negatif sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa reaksi pembentukan *propylene glycol* melalui hidrasi propilen oksida merupakan reaksi eksotermis. Kemudian berdasarkan nilai  $\Delta G$  total yang telah didapatkan sebesar -32,73 kJ/mol, nilai  $\Delta G$  yang bernilai negatif menunjukkan bahwa reaksi dapat berlangsung secara spontan

## 2. Hidrogenasi Gliserol



**Tabel 2. 5.** Nilai  $\Delta S^\circ_{f298}$  dan  $\Delta H^\circ_{f298}$  setiap komponen (Yaws, 1999)

Komponen	$\Delta H^\circ_{f298}$ (kJ/mol)	$\Delta S^\circ_{f298}$ (J/mol)
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3(l)</sub>	-582,8	-352,17
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2(l)</sub>	-179,29	-285,76
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2(l)</sub>	-433	-431,06
H <sub>2(g)</sub>	-4,2	130,68

$$\Delta H^\circ = \sum_i v_i \cdot \Delta H^\circ_{fi} \quad (\text{Smith et al., 2001})$$

$$\Delta H^\circ_{r.1} = \Delta H^\circ_f \text{ C}_3\text{H}_6\text{O}_2 - \Delta H^\circ_f \text{ C}_3\text{H}_8\text{O}_3$$

$$\begin{aligned}
&= -179,29 - (-582,8) \\
&= 403,51 \text{ kJ/mol} \\
\Delta H_{r,2}^{\circ} &= \Delta H_f^{\circ} \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2 - (\Delta H_f^{\circ} \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2 + \Delta H_f^{\circ} \text{H}_2) \\
&= -433 - (-179,29 + (-4,2)) \\
&= -249,51 \text{ kJ/mol} \\
\Delta H^{\circ} \text{ total reaksi} &= 403,51 \text{ kJ/mol} + (-249,51) \text{ kJ/mol} \\
&= 154 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Untuk mengetahui kondisi termodinamika disuhu reaksi 200°C, maka digunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\Delta H_{\text{reaksi}}^{\circ} = \Delta H_0^{\circ} + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \cdot dT \quad (\text{Smith } et \text{ al.}, 2001)$$

$$\int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} \cdot dT = \Delta A(T-T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2-T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3-T_0^3) + \frac{\Delta D}{4}(T^4-T_0^4)$$

Berikut ini adalah nilai kapasitas panas (Cp) untuk masing-masing komponen

**Tabel 2. 6.** Konstanta Panas (Cp) setiap komponen (Yaws, 1999)

Komponen	A	B	C	D
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3(l)</sub>	90,105	0,8601	-1,9745E-03	1,8068E-06
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2(l)</sub>	57,308	0,5154	-1,80E-03	2,7795E-06
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2(l)</sub>	118,614	0,6728	-1,8377E-03	2,1303E-06
H <sub>2(g)</sub>	25,399	2,0178E-02	-3,8549E-05	3,1880E-08

$$\Delta H_{\text{reaksi}(r.1)}^{\circ} = 403,51 \text{ kJ/mol} + (0,003418 \times (-10,483 \text{ kJ/mol})) = 403,47 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}(r.2)}^{\circ} = -249,51 \text{ kJ/mol} + (0,003418 \times (8,232 \text{ kJ/mol})) = -249,48 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}}^{\circ} \text{ total} = 403,47 \text{ kJ/mol} + (-249,48) \text{ kJ/mol} = 153,98 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (\text{Chang}, 2004)$$

$$\Delta G_{303} = \Delta H_{303} - T\Delta S_{303}$$

$$S_2 = S_1 + C_p \ln \frac{T_1}{T_2} \quad (\text{Chang}, 2004)$$

$$S_{303} = S_{298} + C_p \ln \frac{T_1}{T_2}$$

$$C_p = A + B.T + C.T^2 + D.T^3$$



Dengan data  $S_1$  pada Tabel 2.6 dan data konstanta kapasitas panas pada Tabel 2.7 maka  $C_p$  dan  $S$  pada suhu  $200^\circ\text{C}$  dapat dihitung dan didapatkan hasil sebagai berikut

**Tabel 2. 7.** Nilai  $C_{p473}$  dan  $S_{473}$  Setiap Komponen

Komponen	$C_{p473}$ (J/mol.K)	$S_{473}$ (J/mol.K)
$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3(l)$	246,41	-196,89
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2(l)$	191,96	-164,79
$\text{H}_2(g)$	29,25	-412,62
$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2(l)$	251,20	288,97

Maka,  $\Delta S = \sum_i v_i \cdot \Delta S$  (Chang, 2004)

$$\begin{aligned}\Delta S_{473(r.1)} &= \Delta S \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2 - \Delta S \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 \\ &= 32,10 \text{ J/mol.K} = 0,03210 \text{ kJ/mol.K}\end{aligned}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\begin{aligned}\Delta G_{473(r.1)} &= 403,46 \text{ kJ/mol} - (473,15 \text{ K} \times 0,03210 \text{ kJ/mol.K}) \\ &= 388,27 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta S_{473(r.2)} &= \Delta S \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2 - (\Delta S \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2 + \Delta S \text{H}_2) \\ &= 847,5 \text{ J/mol.K} = 0,8475 \text{ kJ/mol.K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G_{473(r.2)} &= -249,48 \text{ kJ/mol} - (473,15 \text{ K} \times 0,8475 \text{ kJ/mol.K}) \\ &= -650,47 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G_{\text{total}} &= 388,27 \text{ kJ/mol} + -650,47 \text{ kJ/mol} \\ &= -262,20 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Panas reaksi total = 153,98 kJ/mol. Panas reaksi bernilai positif sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa reaksi pembentukan *propylene glycol* melalui hidrogenasi gliserol merupakan reaksi endotermis. Kemudian berdasarkan nilai  $\Delta G$  total yang telah didapatkan sebesar -262,20 kJ/mol menunjukkan bahwa reaksi dapat berlangsung secara spontan.

### 2.3 Pemilihan Proses

Dari uraian jenis jenis proses dan seleksi proses pembuatan *propylene glycol* melalui reaksi hidrasi *propylene oxide* dan melalui reaksi hidrogenasi *glycerol* di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut :

**Tabel 2. 8.** Perbandingan Antara Proses Pembuatan *Propylene Glycol* Melalui Reaksi Hidrasi *Propylene Oxide* Dan Melalui Reaksi Hidrogenasi *Glycerol*

<b>Tinjauan</b>	<b>Hidrasi <i>Propylene Oxide</i></b>	<b>Hidrogenasi <i>Glycerol</i></b>
Bahan baku	<i>Propylene oxide</i> (impor), air	<i>Glycerol</i> (lokal), gas hidrogen
Reaktor	CSTR	<i>Packed bed reactor</i>
Suhu (°C)	30	200
Tekanan (atm)	1	13,06
Yield Propilen Glikol (%)	90	85
Pemurnian	Menara Distilasi	Menara Distilasi
Fase Reaksi	Cair - cair	Rx.1: cair - gas Rx.2: gas - cair
Katalis	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	<i>copper chromite</i>
$\Delta H_r$ (kJ/mol)	-98,44	153,98
$\Delta G_r$ (kJ/mol)	-32,389	-262,20
Profit (\$/tahun)	57.302.404,22	39.775.763,1

Melalui perbandingan Tabel 2.9, maka proses yang dipilih adalah proses hidrasi propilen glikol dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Suhu reaksi dan tekanan reaksi lebih rendah
2. Reaksi berlangsung pada keadaan isothermal, dan  $\Delta G_r$  bernilai negatif sehingga tidak membutuhkan energi dalam jumlah besar (spontan).
3. Katalis yang digunakan banyak beredar dipasaran dan harganya tergolong murah
4. Konversi reaksi mencapai 90%.
5. Keuntungan yang dicapai lebih besar.

#### **2.4 Deskripsi Proses**

Proses pembuatan propilen glikol dari propilen oksida dan air dapat dilakukan secara hidrasi dengan menggunakan katalis asam sulfat yang berlangsung dalam suatu reaktor alir tangki berpengaduk (CSTR) yang beroperasi secara kontinu pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm (Chen dan Seider, 2004). Umpan masuk yaitu

propilen oksida dengan kemurnian 99%, metanol dengan kemurnian 98%, air dan arus *recycle* dari keluaran atas menara distilasi yang sebelumnya dikondensasi, dialirkan menuju reaktor dengan ditambahkan katalis asam sulfat sebanyak 0,1% dari total berat umpan dialirkan menuju reaktor pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



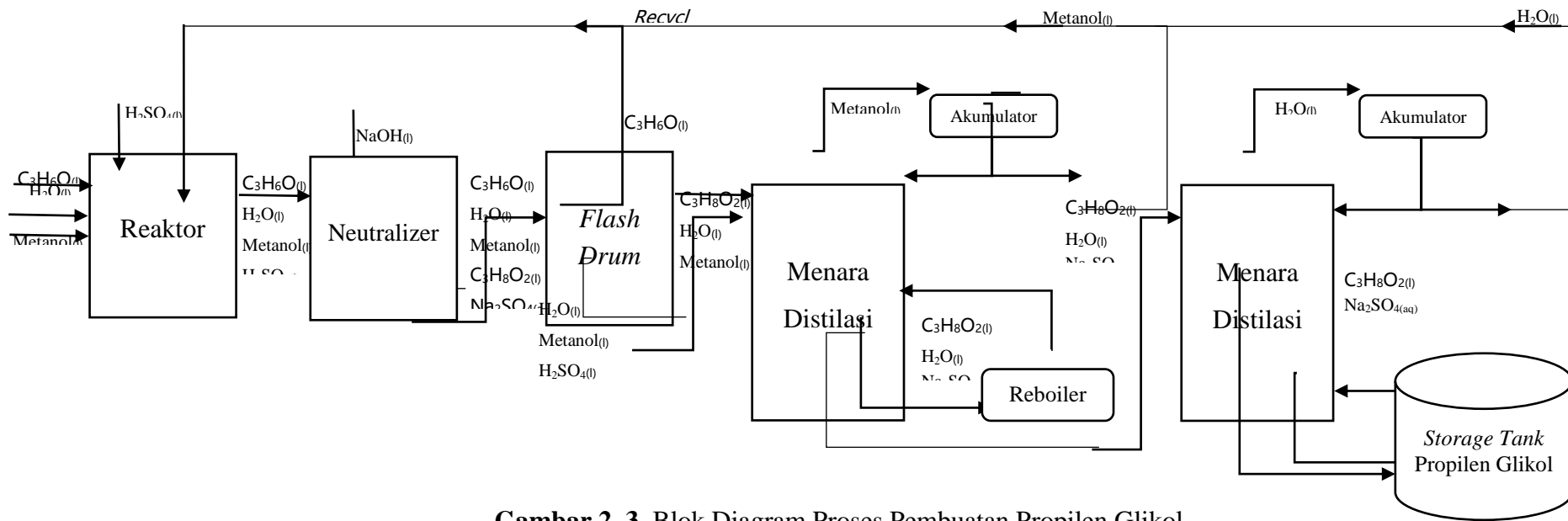
Dengan data perbandingan mol umpan masuk propilen oksida : metanol : air = 1 : 1,66 : 18,65

Konversi propilen glikol adalah 90% terhadap bahan baku propilen oksida dengan jenis reaksinya adalah reaksi hidrasi. Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis atau menghasilkan panas, sehingga untuk menjaga agar kondisi operasi di reaktor tetap isothermal maka digunakan jaket dengan air pendingin didalamnya untuk mengambil panas reaksi.

Produk keluaran reaktor kemudian dialirkan kedalam *neutralizer* untuk menetralkan asam sulfat, selanjutnya produk keluaran *neutralizer* dipisahkan dari sisa propilen oksida yang tidak terkonversi menggunakan *flash drum*. Propilen oksida yang terpisah *direcycle* dan dimasukkan kembali kedalam reaktor. Proses penetralan dilakukan dengan menambahkan sodium hidroksida. Reaksi yang terjadi dalam neutralizer adalah sebagai berikut:



Produk bawah yang keluar dari *flash drum* kemudian dimurnikan kembali menggunakan dua buah menara distilasi. Menara distilasi dioperasikan secara seri, menara distilasi pertama digunakan untuk memisahkan metanol dari campuran lainnya sedangkan menara distilasi kedua digunakan untuk memisahkan air dari produk akhir. Hasil atas kedua menara distilasi dikondensasikan dan kemudian di *recycle* menuju reaktor.



**Gambar 2. 3.** Blok Diagram Proses Pembuatan Propilen Glikol

### III. SIFAT DAN SPESIFIKASI BAHAN BAKU

#### 3.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama

##### 1. Propilen Oksida (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O)

Keadaan Fisik	: Cairan tidak berwarna, berbau seperti alkohol
Berat Molekul	: 58,08 g/mol
Titik Didih	: 34°C (1 atm)
Titik Beku	: -112°C (1 atm)
Titik Nyala	: -37°C (Cawan tertutup)
Densitas	: 0,830 kg/m <sup>3</sup> (30°C)
Viskositas	: 0,302 cp (30 °C)
Konduktivitas Termal	: 0,1705 W.cm <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> (30°C)
Kemurnian	: 99%
<i>Impurities</i>	: Air 1%
Kelarutan	: 14,7 wt % (Dalam air pada suhu 30°C) 65,5 wt % (Dalam metanol pada suhu 30°C) (Dow <i>Technical Data Sheet, Propylene Oxide</i> )

##### 2. Air (H<sub>2</sub>O)

Wujud	: Cairan tidak berwarna, dan tidak berasa
Berat Molekul	: 18,01 g/mol
Titik Didih	: 100°C (1 atm)
Titik Beku	: 0°C (1 atm)
Titik Leleh	: -97, 8°C (1 atm)
Densitas	: 997 kg/m <sup>3</sup> (30°C)
Viskositas	: 0,911 cp (30 °C)

Konduktivitas Termal	: 0,607 W.cm <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> (30°C)
Kelarutan	: Larut dalam asam asetat. Larut dalam aseton. Larut dalam amonia. Larut dalam amonium klorida. Larut dalam etanol. Larut dalam gliserol. Larut dalam asam klorida. Larut dalam metanol. Larut dalam asam nitrat. Larut dalam asam sulfat. Larut dalam larutan natrium hidroksida. Larut dalam propilen glikol

(LabChem)

### 3.2 Spesifikasi Bahan Baku Penunjang

#### 1. Metanol (CH<sub>3</sub>OH)

Wujud	: Cairan tidak berwarna
Berat Molekul	: 32,04 g/mol
Titik Didih	: 64,7°C (1 atm)
Titik Nyala	: 10 °C (Cawan tertutup)
Titik Lebur	: -97,8°C (1 atm)
Densitas	: 729 kg/m <sup>3</sup> (30°C)
Viskositas	: 0,597 cp (30 °C)
Kemurnian	: 98%
<i>Impurities</i>	: Air 2%
Kelarutan Dalam Air	: 1000 g/l (30°C)

(PT Kaltim Metanol Industri, MSDS of *Methanol*)

#### 2. Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Wujud	: Cairan tidak berwarna
Berat Molekul	: 38,08 g/mol
Titik Didih	: 270 °C (1 atm)
Titik Lebur	: 10,36 °C (1 atm)
Densitas	: 1.840 kg/m <sup>3</sup> (30°C)

Kemurnian	: 98%
<i>Impurities</i>	: Air 2%
Kelarutan Dalam Air	: 106 mg/L (30°C)

(Petrokimia Gresik, MSDS Asam Sulfat)

### 3. Sodium Hidroksida (NaOH)

Wujud	: Cairan tidak berwarna
Berat Molekul	: 39,98 g/mol
Titik Didih	: 120°C (1 atm)
Titik Leleh	: 9°C (1 atm)
Densitas	: 1,35 g/cm <sup>3</sup> (20°C)
Kemurnian	: 78%
<i>Impurities</i>	: Air 2%
Kelarutan Dalam Air	: 1000 g/l (25°C)

(Asiamarco Pacific, MSDS Sodium Hydroxide, Liquid (L-NaOH))

## 3.3 Spesifikasi Produk

### 1. Propilen Glikol sebagai produk utama (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>)

Keadaan Fisik	: Cairan tidak berwarna
Berat Molekul	: 76,09 g/mol
Titik Didih	: 187 °C (1 atm)
Titik Beku	: < -70°C (1 atm)
Titik Nyala	: 87 °C (Cawan tertutup)
Densitas	: 1,056 g/cm <sup>3</sup> (30°C)
Viskositas	: 2,49 mPas (28°C)
Konduktivitas Termal	: 0,2006 W.cm <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> (30°C)
Kemurnian	: 99,44%
<i>Impurities</i>	: Air 0,06%; Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,5%
Kelarutan	: Larut dalam air, etanol, dan aseton.

(Dow *Technical Data Sheet, Propylene Glycol*)

## X. KESIMPULAN DAN SARAN

### 10.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi pabrik *Propylene Glycol* dari *Propylene Oxide* dan Air dengan katalis Asam Sulfat kapasitas 45.000 ton/tahun, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1) *Percent Return on Investment (ROI)*

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 50,73% dan ROI setelah pajak sebesar 40,58%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia beresiko rendah minimum adalah 11% (Aries & Newton, 1955, hal 193). Pabrik ini telah memenuhi syarat batas ROI sebelum pajak yang disyaratkan.

2) *Pay Out Time (POT)*

POT sebelum pajak selama 1,54 tahun dan POT setelah pajak selama 1,89 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955, hal 196).

3) *Break Even Point (BEP)* sebesar 34,03% dari kapasitas produksi. *Shut Down*

*Point (SDP)* sebesar 25,41%, yakni batasan kapasitas produksi 20–30% sehingga pabrik masih dapat memproduksi karena mendapat keuntungan.

4) *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* sebesar 33,469%. Suku bunga pinjaman investasi di bank saat ini adalah 9,84% ([www.bi.go.id](http://www.bi.go.id), akhir april 2023).



Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank ( $1,5 \times 9,84\% = 14,76\%$ ).

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik *propylene glycol* dari *propylene oxide* dan air dengan kapasitas 45.000 ton per tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

## **10.2 Saran**

Perancangan Pabrik *Propylene Glycol* dari *Propylene Oxide* dan Air dengan katalis Asam Sulfat kapasitas 45.000 ton per tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

**DAFTAR PUSTAKA**

Aries, R.S., Newton, R.D., 1955, Chemical Engineering Cost Estimation, Mc.Graw Hill Book Company Inc, New York, Toronto, London.

Badan Pusat Statistik, 2018-2022, Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia, <http://www.bps.go.id/> , diakses 3 maret 2023, pukul 20.00 WIB.

Bank Indonesia, 2023, “BI Rate”, (Online), (<https://www.bi.go.id/id/moneter/birate/data/Default.aspx>).

Brown, G.G, 1956, “Unit Operation”, New York: John Wiley and Son, Inc.

Brownell, I.E, and Young, E.H., 1959, “Process Equipment Design”, New York: John Wiley and Son, Inc.

Chan, A., et al. 2004, “Batch Manufacture of Propylene Glycol”, Department of Chemical and Biomolecular Engineering University of Pennsylvania, Pennsylvania.

Coulson, J.H, and Richardson, J.F., 2005, “Chemical Engineering, An Introducing to Chemical Engineering Design”, vol. 6, Oxford: Pergamon Press.

Dasari, R., et al. 2005, “Production of Propylene Glycol from Glycerol”, European Patent, EP 2540692 A2.

Dow Company, Materials Science. 2022, <http://www.Dow.com> ., diakses pada 11 Oktober 2022, pukul 20.00 WIB.

Fogler, H. Scott. 1999. Elements of Chemical Reaction Engineering 4 th edition. Prentice Hall International Inc. : United States of America.

Geankoplis, C.J., 1993, "Transport Processes and Unit Operations", 3 ed., New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.

Google Map. 2023. Peta JIPE. Diakses pada 20 mei 2023, pukul 20.00 WIB.

Himmeblau. David., 1996, Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering, Prentice Hall Inc, New Jersey.

Kern, D.Q., 1965, "Process Heat Transfer", Kogakusha: Mc. Graw Hill Book Company.

Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1983, "Encyclopedia of Chemical Technology", 3 rd ed., New York: John Wiley and Sons, Inc.

McCabe. W. L. and Smith. J. C., 1985, Operasi Teknik Kimia, Erlangga, Jakarta.

Megyesy.E.F., 1983, Pressure Vessel Handbook, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.

PP Republik Indonesia No.2/2018 tentang Kebijakan Industri Nasional.

Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, "Perry's Chemical Engineer's Handbook", 6 th ed., New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1981, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 3ed, Singapore: Mc. Graw Hill Book Company, Inc.

- Powell, S.P., 1954, "Water Conditioning for Industry", New York: McGraw Hill Book Co., Inc.
- PT Asiamarco Pacific Indonesia, 2022, Produk dan Layanan, <http://www.asiamarcopacific.com>, diakses pada 11 Oktober 2022, pukul 20.00 WIB.
- PT Kaltim Methanol Industries, 2022, Produk dan Layanan, <http://kaltimmethanol.com> diakses pada 11 Oktober 2022, pukul 20.00 WIB.
- PT Petrokimia Gresik, 2014, Bahan Kimia, <http://www.petrokimia.com>, diakses pada 11 Oktober 2022, pukul 20.00 WIB.
- Pubchem, 2022, Material Science, [www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov), Diakses pada 11 oktober 2022.
- Smith, J.M., and Van Ness, H.C., 1975, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", New York: McGraw Hill Book Co., Inc.
- Treyball, R.E., 1981, "Mass Transfer Operation", 3 ed., Singapore: Mc. Graw Hill Book Company, Inc.
- Ullman, 2018, Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A-16, Interscience Encyclopedia, Inc., New York.
- Ulrich. G. D., 1982, A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. University of New Hampshire, USA.
- Walas, S.M ., 1959, "Reaction Kinetics for Chemical Engineer", New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.

Wordu, A. A & Wosu, C. O., 2019, "CSTR Design for Propylene Glycol Chemical Production", *IJLTEMAS* Vol VIII, Februari 2019.

Yaws, C.L., 1999, "Chemical Properties Handbook", New York: Mc. Graw Hill Book Company