

**PRA RANCANGAN  
PABRIK PEMBUATAN PROPILEN GLIKOL  
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**



**SKRIPSI**

**Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti  
Ujian Sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

<b>OLEH :</b>	
<b>DHARMAWAN ANTONIO SALIM</b>	<b>03031282025063</b>
<b>JHORDY NATHANNAEL FADELI</b>	<b>03031282025075</b>

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PRA RENCANA  
PABRIK PEMBUATAN PROPILEN GLIKOL  
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana**

**Oleh:**

<b>DHARMAWAN ANTONIO SALIM</b>	<b>03031282025063</b>
<b>JHORDY NATHANNAEL FADELI</b>	<b>03031282025075</b>

**Palembang, November 2024  
Pembimbing,**



**Dr. Selpiana, S.T., M.T.**  
**NIP. 197809192003122001**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia**



**Dr. Tuti Indan Sari, S.T., M.T., IPM.**  
**NIP. 197502012000122001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “ Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Propilen Glikol Kapasitas 60.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan Dharmawan Antonio Salim dan Jhordy Nathannael Fadeli di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 November 2024

Palembang, 25 November 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi:

1. Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng., IPU




NIP. 195603071981031010

2. Dr. Budi Santoso, S.T., M.T.

NIP. 197706052003121004

3. Enggal Nurisman, S.T., M.T., IPM

NIP. 198106022008011010

(  )  
(  )  
(  )  
29/11/2024

25 November 2024

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Dosen Pembimbing



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM.

NIP. 197502012000122001



Dr. Selpiana, S.T., M.T.

NIP. 197809192003122001

## HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

**Dharmawan Antonio Salim**

(03031282025063)

**Jhordy Nathannael Fadeli**

(03031282025075)

Judul:

**"PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN PROPILEN GLIKOL  
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN"**

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada Sidang Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 November 2024 oleh Dosen Penguji:

1. Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng., IPU

NIP. 195603071981031010

(  )

2. Dr. Budi Santoso, S.T., M.T.

NIP. 197706052003121004

(  )

3. Enggal Nurisman, S.T., M.T., IPM

NIP. 198106022008011010

(  )

Palembang, 25 November 2024

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Selpiana, S.T., M.T.

NIP. 197809192003122001

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang betanda tangan dibawah ini:

Nama : Dharmawan Antonio Salim  
NIM : 03031282025063  
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Propilen Glikol  
Kapasitas 60.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Jhordy Nathanael Fadeli** didampingi oleh Pembimbing dan bukan hasil dari jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 25 November 2024



Dharmawan Antonio Salim

NIM. 03031282025063





## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS DAN PLAGIARISME

Yang betanda tangan dibawah ini:

Nama : Jhordy Nathanael Fadeli  
NIM : 03031282025075  
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Propilen Glikol  
Kapasitas 60.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Dharmawan Antonio Salim** didampingi oleh Pembimbing dan bukan hasil dari jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 25 November 2024



Jhordy Nathanael Fadeli

NIM. 03031282025075



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Propilen Glikol Kapasitas 60.000 ton/tahun” dapat terselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini dilakukan sebagai syarat untuk menuntaskan syarat kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dikarenakan penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, yang pada kesempatan kali ini disampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

- 1) Ibu Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- 2) Ibu Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., IPM. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- 3) Ibu Dr. Selpiana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
- 4) Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- 5) Seluruh staff administrasi Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- 6) Orang tua, keluarga dan teman-teman yang telah memberikan motivasi, saran, serta dukungan yang terbaik.

Penulis berharap agar isi dari tugas akhir ini dapat memberikan gambaran mengenai perancangan pabrik serta dapat dijadikan sebagai sumber referensi ilmu pengetahuan.

Palembang, Oktober 2024



Tim Penulis

## RINGKASAN

### PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN PROPILEN GLIKOL KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, November 2024

Dharmawan Antonio Salim dan Jhordy Nathannael Fadeli

Dibimbing oleh Dr. Selpiana, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

### ABSTRAK

Pabrik pembuatan Propilen Glikol dengan kapasitas produksi 60.000 ton/tahun ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2029 berlokasi di Kawasan Jatiluhur Industrial Smart City, Hegarmanah, Kota Purwakarta, Jawa Barat, dengan luas area 4,0 ha. Proses pembuatan Propilen Glikol ini mengacu pada Patent US 2024/0199514 A1, dimana metode proses yang digunakan adalah hidrogenolisis senyawa gliserol dan hidrogen membentuk produk Propilen Glikol. Reaksi berlangsung dalam *multitubular fixed bed reactor* (250°C, 150 bar). Katalis yang digunakan adalah Cu/SiO<sub>2</sub>. Pabrik ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh direktur, dengan sistem organisasi berupa *line and staff*, dengan total karyawan sebanyak 122 orang.

Pabrik Propilen Glikol layak didirikan karena telah memenuhi parameter kelayakan ekonomi:

- *Total Capital Investment* TCI = US\$ 92.982.114,052
- Total Penjualan = US\$ 641.093.920,660
- *Total Production Cost* (TPC) = US\$ 527.239.679,867
- *Annual Cash Flow* = US\$ 86.459.634,190
- *Pay Out Time* = 1,3 tahun
- *Rate of Return on Investment* (ROR) = 116,668%
- *Discounted Cash Flow* -ROR = 92.924%
- *Break Event Point* (BEP) = 33,718%
- *Service Life* = 11 tahun

**Kata Kunci:** Propilen Glikol, Multitubular Fixed Bed Reactor, Hidrogenolisis, Gliserol, Hidrogen.


Palembang, 3 Desember 2024

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Pembimbing Tugas Akhir

  
Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T., IPM.  
NIP. 197502012000122001

  
Dr. Selpiana, S.T., M.T.  
NIP. 197809192003122001



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>RINGKASAN</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xiv
<b>BAB I PEMBAHASAN UMUM</b> .....	1
1.1.    Pendahuluan .....	1
1.2.    Sejarah dan Perkembangan .....	2
1.3.    Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik .....	3
1.4.    Data Sifat Fisik dan Kimia Bahan Kimia yang Terlibat .....	3
1.5.    Proses Pembuatan Bahan Kimia .....	9
<b>BAB II PERENCANAAN PABRIK</b> .....	11
2.1.    Alasan Pendirian Pabrik.....	11
2.2.    Pemilihan Kapasitas Produksi.....	12
2.3.    Pemilihan Proses .....	13
2.4.    Pemilihan Bahan Baku.....	16
2.5.    Uraian Proses .....	17
<b>BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PERALATAN PABRIK</b> .....	22
3.1.    Lokasi Pabrik .....	22
3.2.    Tata Letak Peralatan Pabrik .....	25
3.3.    Perkiraan Luas Tanah yang Diperlukan.....	27
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS</b> .....	28
4.1.    Neraca Massa .....	28
4.2.    Neraca Panas .....	38
<b>BAB V UTILITAS</b> .....	45
5.1.    Unit Pengadaan Steam .....	45
5.2.    Unit Pengadaan Air .....	46

5.3. Unit Pengadaan Listrik .....	50
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	53
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN.....</b>	<b>55</b>
<b>BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>90</b>
7.1. Bentuk Perusahaan.....	90
7.2. Struktur Organisasi .....	92
7.3. Tugas dan Wewenang .....	94
7.4. Sistem Kerja.....	96
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan.....	97
<b>BAB VIII ANALISA EKONOMI.....</b>	<b>102</b>
8.1. Profitabilitas (Keuntungan).....	102
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal.....	103
8.3. Total Modal Akhir .....	105
8.4. Laju Pengembalian Modal .....	107
8.5. Break Even Point (BEP) .....	108
<b>BAB IX KESIMPULAN .....</b>	<b>111</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>112</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>.....</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1.</b> Data Impor Komoditas Propilen Glikol .....	12
<b>Tabel 2. 2.</b> Data Ekspor Komoditas Propilen Glikol .....	13
<b>Tabel 2. 3.</b> Keunggulan dan Kekurangan Proses-Proses Pembentukan Propilen Glikol .	15
<b>Tabel 3. 1.</b> Rincian Area Pabrik .....	27
<b>Tabel 5. 1</b> Kebutuhan Utilitas .....	45
<b>Tabel 5. 2</b> Peralatan dengan Kebutuhan <i>Steam</i> 342°C .....	45
<b>Tabel 5. 3</b> Kebutuhan Air Pendingin.....	46
<b>Tabel 5. 4.</b> Total Kebutuhan Air dalam Pabrik .....	49
<b>Tabel 5. 5.</b> Kebutuhan Listrik Peralatan.....	50
<b>Tabel 5. 6.</b> Kebutuhan Listrik Penerangan.....	51
<b>Tabel 5. 7.</b> Kebutuhan Listrik AC .....	52
<b>Tabel 5. 8.</b> Kebutuhan Listrik Pabrik Propilen Glikol .....	53
<b>Tabel 5. 9.</b> Kebutuhan Bahan Bakar .....	54
<b>Tabel 7. 1.</b> Shift Kerja .....	96
<b>Tabel 7. 2.</b> Pembagian Jumlah Karyawan .....	99
<b>Tabel 8. 1</b> Tabel Penjualan Produk .....	102
<b>Tabel 8. 2 .</b> Rincian Angsuran Pengembalian Modal.....	105
<b>Tabel 8. 3 .</b> Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	110

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1.</b> Mekanisme Reaksi Propilen Glikol.....	19
<b>Gambar 2. 2.</b> Flowsheet Pabrik Pembuatan Propilen Glikol.....	21
<b>Gambar 3. 1.</b> Peta Lokasi Pabrik akan Didirikan .....	22
<b>Gambar 3. 2.</b> Skema Tata Letak Pabrik Propilen Glikol.....	26
<b>Gambar 3. 3.</b> Tata Letak Peralatan Pabrik.....	27
<b>Gambar 7. 1.</b> Struktur Organisasi Perusahaan.....	93
<b>Gambar 7. 2.</b> Operating Labor Requirement for Chemical Process Industries .....	98
<b>Gambar 8. 1</b> Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP) .....	109



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran I</b>	Neraca Massa .....	115
<b>Lampiran II</b>	Neraca Panas .....	176
<b>Lampiran III</b>	Spesifikasi Alat .....	232
<b>Lampiran IV</b>	Perhitungan Ekonomi.....	370
<b>Lampiran V</b>	Tugas Khusus .....	381

## DAFTAR NOTASI

### 1. ACCUMULATOR

C	: Allowable corrosion (m)
E	: Efisiensi pengelasan
ID, OD	: Diameter dalam dan Diameter luar (m)
L	: Panjang <i>accumulator</i> (m)
P	: Tekanan operasional (atm)
S	: <i>Working stress allowable</i> (atm)
T	: Temperatur operasional (K)
t	: Tebal dinding <i>accumulator</i> (m)
V	: Volume total (m <sup>3</sup> )
V <sub>s</sub>	: Volume silinder (m <sup>3</sup> )
W	: Laju alir massa (kg/jam)
ρ	: Densitas (kg/m <sup>3</sup> )

### 2. CONDENSER, COOLER, HEATER, PARTIAL CONDENSER, REBOILER

A	: Area perpindahan panas (ft <sup>2</sup> )
a <sub>a</sub> , a <sub>p</sub>	: Area alir pada <i>annulus, inner pipe</i> (ft <sup>2</sup> )
a <sub>s</sub> , a <sub>t</sub>	: Area alir pada <i>shell and tube</i> (ft <sup>2</sup> )
a''	: <i>External surface per 1 in</i> (ft <sup>2</sup> /in ft)
B	: <i>Baffle spacing</i> (in)
C	: <i>Clearence antar tube</i> (in)
C <sub>p</sub>	: Spesifik <i>head</i> (kJ/kg)
D	: Diameter dalam <i>tube</i> (in)
D <sub>e</sub>	: Diameter ekuivalen (in)
D <sub>B</sub>	: Diameter <i>bundle</i> (in)
D <sub>s</sub>	: Diameter <i>shell</i> (in)
f	: Faktor friksi (ft <sup>2</sup> /in <sup>2</sup> )
G <sub>a</sub>	: Laju alir massa fluida pada <i>annulus</i> (lb/jam.ft <sup>2</sup> )
G <sub>p</sub>	: Laju alir massa fluida pada <i>inner pipe</i> (lb/jam.ft <sup>2</sup> )
G <sub>s</sub>	: Laju alir massa fluida pada <i>shell</i> (lb/jam.ft <sup>2</sup> )
g	: Percepatan gravitasi
h	: Koefisien perpindahan panas (Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F)

$h_1, h_o$	: Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan luar <i>tube</i>
$j_H$	: Faktor perpindahan panas
$k$	: Konduktivitas termal (Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F)
$L$	: Panjang <i>tube</i> pipa (ft)
LMTD	: <i>Logaritmic Mean Temperature Difference</i> (°F)
$N$	: Jumlah <i>baffle</i>
$N_t$	: Jumlah <i>tube</i>
$P_T$	: <i>Tube pitch</i> (in)
$\Delta P_T$	: <i>Return drop shell</i> (psi)
$\Delta P_s$	: Penurunan tekanan pada <i>shell</i> (psi)
$\Delta P_t$	: Penurunan tekanan pada <i>tube</i> (psi)
ID	: <i>Inside diameter</i> (ft)
OD	: <i>Outside diameter</i> (ft)
$Q$	: Beban panas <i>heat exchanger</i> (Btu/hr)
$R_d$	: <i>Dirt factor</i> (hr.ft <sup>2</sup> .°F/Btu)
$Re$	: Bilangan Reynold
$s$	: <i>Specific gravity</i>
$T_1, T_2$	: Temperatur fluida panas <i>inlet, outlet</i> (°F)
$t_1, t_2$	: Temperatur fluida dingin <i>inlet, outlet</i> (°F)
$T_c$	: Temperatur rata-rata fluida panas (°F)
$t_c$	: Temperatur rata-rata fluida dingin (°F)
$U$	: Koefisien perpindahan panas
$U_c, U_D$	: <i>Clean overall coef, Design overall coef</i> (Btu.hr.ft <sup>2</sup> .°F)
$W$	: Laju alir massa fluida panas (lb/hr)
$w$	: Laju alir massa fluida dingin (lb/hr)
$\mu$	: Viskositas (cP)

### 3. EXPANDER, KOMPRESOR

$k$	: Konstanta kompresi
$n$	: Jumlah <i>stage</i>
$\eta$	: Efisiensi kompresor
$P$	: <i>Power</i> (HP)
$P_{in}$	: Tekanan masuk (atm)
$P_{out}$	: Tekanan keluar (atm)

$T_1$	: Temperatur masuk kompresor ( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_2$	: Temperatur keluar kompresor ( $^{\circ}\text{C}$ )
$Q$	: Kapasitas
$R_c$	: <i>Ratio</i> kompresi
$W$	: Laju alir massa (lb/jam)
$\rho$	: Densitas ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

#### 4. KNOCK OUT DRUM

$A$	: <i>Vessel Area Minimum</i> ( $\text{m}^2$ )
$C$	: <i>Corrosion</i> maksimum (in)
$D$	: Diameter <i>vessel</i> minimum (m)
$E$	: <i>Welding joint efficiency</i>
$H_L$	: Tinggi <i>liquid</i> (m)
$H_t$	: Tinggi <i>vessel</i> (m)
$P$	: Tekanan desain (psi)
$Q_v$	: Laju alir volumetric massa ( $\text{m}^3/\text{jam}$ )
$Q_L$	: <i>Liquid volumetric flowrate</i> ( $\text{m}^3/\text{jam}$ )
$S$	: <i>Working stress allowable</i> (psi)
$t$	: Tebal dinding tangki (m)
$U_v$	: Kecepatan uap maksimum (m/s)
$V_t$	: Volume <i>Vessel</i> ( $\text{m}^3$ )
$V_h$	: Volume <i>head</i> ( $\text{m}^3$ )
$\rho$	: Densitas ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$\mu$	: Viskositas (cP)
$\rho_g$	: Densitas gas ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$\rho_l$	: Densitas <i>liquid</i> ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

#### 5. TANGKI

$C$	: <i>Allowable corrosion</i> (m)
$D$	: Diameter tangki (m)
$E$	: <i>Welding joint efficiency</i>
$h$	: Tinggi <i>head</i> (m)
$H$	: Tinggi silinder tangki (m)
$H_t$	: Tinggi total tangki (m)



P	: Tekanan (atm)
S	: <i>Allowable stress</i> (psi)
t	: Tebal dinding tanki (m)
V <sub>h</sub>	: Volume <i>head</i> (m <sup>3</sup> )
V <sub>s</sub>	: Volume silinder (m <sup>3</sup> )
V <sub>t</sub>	: Volume tanki (m <sup>3</sup> )
W	: Laju alir massa (kg/jam)
ρ	: Densitas (kg/m <sup>3</sup> )

## 6. REAKTOR

C <sub>c</sub>	: Tebal korosi maksimum, in
C <sub>AO</sub>	: Konsentrasi awal umpan, kmol/m <sup>3</sup>
D <sub>p</sub>	: Diameter katalis, m
D <sub>s</sub>	: Diameter shell, m
D <sub>T</sub>	: Diameter tube, in
F <sub>AO</sub>	: Laju alir umpan, kmol/jam
H <sub>R</sub>	: Tinggi shell reaktor, m
H <sub>T</sub>	: Tinggi tube, m
k	: Konstanta kecepatan reaksi, m <sup>3</sup> /kmol.s
N <sub>t</sub>	: Jumlah tube, buah
P	: Tekanan operasi, bar
τ	: Waktu tinggal, jam
p <sub>t</sub>	: Tube pitch, in
S	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
t	: Tebal dinding reaktor, cm
V <sub>k</sub>	: Volume katalis, m <sup>3</sup>
V <sub>T</sub>	: Volume reaktor, m <sup>3</sup>
ρ, ρ <sub>k</sub>	: Densitas fluida, katalis, kg/m <sup>3</sup>
R	: Konstanta gas ideal, 8,314 kJ/kmol.K
σ <sub>A</sub>	: Diameter molekul, cm
M	: Berat molekul, kg/kmol
E <sub>A</sub>	: Energi aktivasi, kJ/kmol
V <sub>E</sub>	: Volume elipsoidal, m <sup>3</sup>
H <sub>s</sub>	: Tinggi silinder, m

$h$	: Tinggi tutup
$H_T$	: Tinggi total tanki, m
$H_L$	: Tinggi liquid, m
$H_i$	: Tinggi impeller, m
$D_i$	: Diameter impeller, m
$W_b$	: Lebar Baffle, m
$g$	: Lebar baffle pengaduk, m
$r$	: Panjang blade pengaduk, m
$r_b$	: Posisi baffle dari dinding tanki, m

## 7. KOLOM DISTILASI

$A_d$	: Downcomer area ( $m^2$ )
$A_t$	: Tower area ( $m^2$ )
$A_n$	: Net area ( $m^2$ )
$A_a$	: Active area ( $m^2$ )
$A_h$	: Hole area ( $m^2$ )
$C$	: <i>Allowable corrosion</i> (m)
$D$	: Diameter Tangki (m)
$d_h$	: Diameter hole (mm)
$D_c$	: Diameter kolom (m)
$e$	: Total entrainment (kg/detik)
$E$	: <i>Joint efficiency</i> (m)
$F$	: <i>Friction factor</i>
$h_a$	: <i>Aerated liquid drop</i> (m)
$h_f$	: <i>Froth height</i> (mm)
$h_w$	: <i>Weir height</i> (mm)
$h_q$	: <i>Weep point</i> (cm)
$H$	: Tinggi kolom (m)
$L_w$	: <i>Weir length</i> (m)
$L$	: Laju alir massa <i>liquid solvent</i> (kg/detik)
$N_m$	: Jumlah tray minimum
$\Delta P$	: <i>Pressure drop</i> (Psi)
$Q_p$	: <i>Aeration factor</i>
$R$	: <i>Reflux ratio</i>

$R_M$	: <i>Reflux minimum</i>
$S_s$	: <i>Stage umpan</i>
$T$	: Temperatur operasi (K)
$U_f$	: Kecepatan <i>aerated mass</i>
$Q$	: Laju alir massa umpan gas (kg/detik)
$V_d$	: <i>Downcomer velocity</i> (m/detik)
$\alpha$	: <i>Relative velocity</i>
$\psi$	: <i>Fractional entrainment</i>
$\rho_g$	: Densitas gas (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_l$	: Densitas <i>liquid</i> (kg/m <sup>3</sup> )

## 8. POMPA

$A$	: Area alir pipa (in <sup>2</sup> )
BHP	: <i>Brake Horse Power</i> (HP)
$D_{opt}$	: Diameter optimum pipa (in)
$f$	: Faktor friksi
$g_c$	: Konstanta percepatan gravitasi (ft/s <sup>2</sup> )
$H_f$	: Total friksi (ft)
$H_{fs}$	: Friksi pada permukaan pipa (ft.lbf/lb)
$H_{fc}$	: Friksi karena kontraksi tiba-tiba (ft.lbf/lb)
$H_{fe}$	: Friksi karena ekspansi tiba-tiba (ft.lbf/lb)
$H_{ff}$	: Friksi karena <i>fitting</i> dan <i>valve</i> (ft.lbf/lb)
$H_d, H_s$	: <i>Head discharge</i> dan <i>head suction</i> (ft.lbf/lb)
ID	: <i>Inside Diameter</i> pipa (in)
OD	: <i>Outside Diameter</i> pipa (in)
$K_c, K_e$	: <i>Contaction, Expansion contraction</i> (ft)
$L$	: Panjang pipa (ft)
$L_e$	: Panjang ekuivalen pipa (ft)
MHP	: <i>Motor Horse Power</i> (HP)
NPSH	: <i>Net Positive Suction Head</i> (ft.lbf/lb)
$P_{uap}$	: Tekanan uap (psi)
$Q_f$	: Laju alir volumetrik (ft <sup>3</sup> /s)
$Re$	: <i>Reynold Number</i>
$V_d$	: <i>Discharge velocity</i> (ft/s)
$V_s$	: <i>Suction velocity</i> (ft/s)

$\Delta P$	: <i>Differential pressure</i> (psi)
$\varepsilon$	: <i>Equivalent roughness</i> (ft)
$\eta$	: Efisiensi pompa (%)
$\mu$	: Viskositas (kg/m.jam)
$\rho$	: Densitas (kg/m <sup>3</sup> )



# BAB I

## PEMBAHASAN UMUM

### 1.1. Pendahuluan

Dunia industri memegang peranan yang penting terutama di Indonesia. Dewasa ini, perkembangan dan pertumbuhan dunia industri terus mengalami peningkatan baik itu dari segi kualitas maupun kuantitas. Industri kimia menjadi salah satu dari sekian banyak industri di dunia ini, terutama di Indonesia. Industri kimia merupakan industri yang mengelola, memproses, hingga menghasilkan produk dengan bahan kimia didalamnya. Bahan kimia menjadi salah satu bahan yang menunjang keperluan dalam kehidupan sehari-hari masyarakat. Kebutuhan masyarakat akan bahan kimia juga semakin tinggi setiap waktunya, maka dari itu perlu adanya keseimbangan dengan mengembangkan sektor industri kimia yang ada di Indonesia. Propilen glikol menjadi salah satu bahan kimia yang menunjang keperluan masyarakat sehari-hari tanpa disadari.

Propilen glikol, juga dikenal sebagai 1,2-propilen glikol, 1,2-dihidroksipropana, atau 1,2-propadienol, merupakan senyawa organik yang memiliki berbagai aplikasi luas di industri farmasi, makanan, dan kosmetik, dengan rumus kimia  $C_3H_8O_2$ . Sifat rendah toksisitas dan formulanya yang baik menjadikan propilen glikol digunakan secara luas dalam berbagai produk di industri makanan, obat-obatan, dan kosmetik. Selain itu, propilen glikol dapat berperan sebagai agen pemberi basah yang efektif dan berfungsi sebagai katalis dalam pembuatan senyawa sitrus dan emulsi rasa lainnya. Propilen glikol juga bermanfaat sebagai penyerap kelebihan air pada produk obat, kosmetik, dan makanan. Propilen glikol menjadi bahan yang sangat penting dalam produksi resin alkil untuk cat dan tungku. Fungsi lainnya termasuk penggunaannya sebagai pendingin pada kendaraan bermesin diesel seperti mobil dan truk. Selain berperan sebagai pengawet makanan dan antimikroba, propilen glikol juga dapat digunakan sebagai pelarut bahan organik karena kemampuannya larut dalam air.

Pembangunan dan perkembangan industri kimia di Indonesia menjadi bagian integral dari upaya pembangunan nasional jangka panjang. Fokus utama dari pembangunan ini adalah mencapai struktur ekonomi yang lebih stabil, meningkatkan kapasitas nasional dalam memenuhi kebutuhan bahan kimia

domestik, dan memberikan solusi terhadap isu ketenagakerjaan. Selain manfaat tersebut, langkah-langkah ini juga diharapkan dapat mengurangi beban pengeluaran devisa negara yang biasanya digunakan untuk mengimpor bahan kimia, namun tidak dapat dipungkiri nilai impor bahan kimia di Indonesia cukup tinggi. Propilen glikol menjadi salah satu contoh impor bahan kimia yang tinggi di Indonesia. Menurut badan pusat statistik, nilai impor propilen glikol mencapai 54.106.896 kg/tahun atau sekitar 54.106 ton/tahun (Badan Pusat Statistik, 2023). Hal inilah yang menyebabkan perlunya pembangunan pabrik kimia untuk menghasilkan senyawa propilen glikol di Indonesia. Pendirian pabrik propilen glikol ini tidak hanya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan akan senyawa tersebut, melainkan juga untuk menciptakan peluang kerja baru bagi masyarakat dan menggalakkan pertumbuhan ekonomi di dalam negeri.

## **1.2. Sejarah dan Perkembangan**

Propilen glikol juga dikenal sebagai 1,2-propanediol, pertama kali ditemukan melalui proses hidrolisis senyawa propilen glikol diasetat. Penemuan ini dikreditkan kepada ahli kimia Charles-Adolphe Wurtz pada tahun 1859, propilen glikol ini hanya diproduksi secara sintesis dan juga memiliki sifat yakni higroskopis yang berarti menarik air. Propilen glikol dapat larut sepenuhnya dengan air dan beberapa pelarut lainnya. Propilen glikol memiliki titik didih di angka 184-186°C dan titik beku (-60°C) (Tsatsakis, 2021).

Pada tahun 1930, Du Pont Corp mengembangkan metode hidrogenasi untuk menciptakan propilen glikol dengan memproses minyak kelapa. Penggunaan awal propilen glikol pada periode tersebut adalah sebagai pengganti gliserol dalam bidang farmasi. Kemudian, pada tahun 1931, Carbide and Carbon Chemicals Corporation memulai produksi massal propilen glikol dengan menggunakan proses klorohidrin untuk membentuk propilen oksida, diikuti oleh hidrolisis untuk menghasilkan propilen glikol.

Pada tahun 1948, Wyandotte Chemical Corporation memulai produksi komersial propilen glikol dengan menerapkan tekanan tinggi, suhu tinggi, dan proses hidrolisis non-katalitik. Penggunaan tekanan dan suhu tinggi direkomendasikan agar tidak diperlukan katalis untuk mencapai tingkat konversi produk yang lebih tinggi. Peningkatan pemanfaatan propilen glikol yang disebabkan oleh manfaatnya yang beragam mengakibatkan peningkatan

permintaan, yang pada gilirannya meningkatkan nilai produksi, penjualan, dan harga propilen glikol di pasaran pada tahun 1990. Pada tahun 1988, produksi  $C_3H_8O_2$  juga mengalami peningkatan dengan jumlah produksi mencapai 404.000 ton. Pada tahun 1990, terjadi peningkatan produsen  $C_3H_8O_2$  di Amerika Serikat, yang tercermin dari pertumbuhan produksi, penjualan, dan nilai glikol di negara tersebut. Rentang tahun 1986 hingga 1989, rata-rata ekspor Amerika Serikat mencapai sekitar 75.000 ton setiap tahunnya, Amerika menjadi salah satu negara yang memproduksi propilen glikol dalam jumlah yang besar. Hingga saat ini konsumsi serta pemanfaatan propilen glikol terus mengalami peningkatan.

### 1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik

Tujuan dan manfaat dari pendirian pabrik senyawa propilen glikol ini yakni dengan mengurangi impor domestik, diharapkan dapat meningkatkan nilai ekspor dalam negeri, sehingga ketergantungan pada senyawa propilen glikol terhadap negara lain dapat dikurangi. Pendirian pabrik ini juga diharapkan dapat menciptakan lapangan pekerjaan baru bagi penduduk di sekitar kawasan industri, sekaligus diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dasar akan senyawa propilen glikol di dalam negeri, sehingga mampu meningkatkan nilai ekonomi nasional.

### 1.4. Data Sifat Fisik dan Kimia Bahan Kimia yang Terlibat

Sifat-sifat fisik dan kimia dari senyawa yang terlibat di dalam proses produksi senyawa propilen glikol ini, baik sebagai bahan baku maupun produk yang dihasilkan dapat diidentifikasi sebagai berikut:

#### 1.4.1. Glycerol

##### 1) Sifat Fisik

Rumus molekul	: $C_3H_8O_3$
Berat molekul	: 92,094 g/mol
Wujud	: Cair dan tidak berwarna
Bau	: Tidak Berbau
Massa jenis	: 1,261 g/cm <sup>3</sup>
Titik leleh	: 17,8°C (64 °F; 290,9 K)
Titik didih	: 290°C (554 °F; 563 K)
Kelarutan di air	: Larut
Tekanan uap	: 0,003 mmHg (50°C)
Viskositas	: 1,412 Pa.s (20°C)

## 2) Sifat Kimia

- a. Gliserol bersifat sangat polar karena mengandung tiga gugus hidroksil
- b. Gliserol bersifat higroskopis yang berarti bersifat sangat menyerap air
- c. Gliserol dapat bertindak sebagai agen reduksi, yang memungkinkan penggunaan dalam beberapa reaksi kimia reduksi tertentu.

(Howard, 1996)

## 1.4.2. Propilen Glikol

## 1) Sifat Fisik

Rumus molekul	: $C_3H_8O_2$
Berat molekul	: 76,09 g/mol
Wujud	: Cairan tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Massa jenis	: 1,0361 g/cm <sup>3</sup>
Titik leleh	: -60°C (-76°F; 213,15 K)
Titik didih	: 187,6°C (370,8°F; 460,6 K)
Tekanan uap	: 0,08 mmHg (20°C)
Viskositas	: 0,581 cP (20°C)

## 2) Sifat Kimia

- a. Ketika dipanaskan hingga terurai, propilen glikol akan mengeluarkan asap dengan bau yang tidak sedap dan dapat menyebabkan iritasi pada kulit.
- b. Propilen glikol dapat larut dalam air.
- c. Propilen glikol umumnya dianggap aman dan tidak beracun dalam penggunaan sesuai batas regulasi.

(Pubchem, 2024)

## 1.4.3. Etilen Glikol

## 1) Sifat Fisik

Rumus molekul	: $C_2H_6O_2$
Berat molekul	: 62,07 g/mol
Wujud	: Cair tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Massa jenis	: 1,1132 g/cm <sup>3</sup>

Titik leleh	: -13 °C (8,6°F; 260,15 K)
Titik didih	: 197,3 °C (387,1°F; 470,45 K)
Tekanan uap	: 0,06 mmHg
Viskositas	: 16,1 cP (20°C)

## 2) Sifat Kimia

- Etilen glikol ini larut didalam air dan sangat larut didalam alkohol.
- Apabila dipanaskan senyawa ini akan berubah fasa menjadi gas yang dapat mengiritasi kulit manusia.
- Reaksi antara etilen glikol dengan asam terephtalik akan menghasilkan polyethylene terephthalate (PET).

(Howard, 1996)

### 1.4.4. Metanol

#### 1) Sifat Fisik

Rumus molekul	: CH <sub>3</sub> OH
Berat molekul	: 32,04 g/mol
Wujud	: Cair tidak berwarna
Bau	: Bau alkohol menyengat
Massa jenis	: 0,7918 g/cm <sup>3</sup>
Titik leleh	: -97,6 °C (8,6°F; 260,15 K)
Titik didih	: 64,7 °C (387,1°F; 470,45 K)
Tekanan uap	: 97 mmHg
Viskositas	: 0,544 cP (20°C)

#### 2) Sifat Kimia

- Metanol bersifat polar atau larut didalam air karena adanya gugus hidroksil.
- Apabila dipanaskan senyawa ini akan berubah fasa menjadi gas yang dapat mengiritasi kulit manusia.
- Beracun jika tertelan atau terhirup dan dapat menyebabkan kerusakan saraf optik serta kebutaan.
- Mudah bereaksi dengan oksidan kuat serta dapat teroksidasi menjadi formaldehida ataupun asam format.

(Howard, 1996)

#### 1.4.5. Oksigen

##### 1) Sifat Fisik

Rumus molekul	: O <sub>2</sub>
Berat molekul	: 16 g/mol
Wujud	: Gas dan tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Massa jenis	: 0,001429 g/cm <sup>3</sup>
Titik leleh	: -218.79°C (-361,822°F; 54,36 K)
Titik didih	: -183°C (-297,4°F; 90,5 K)
Tekanan uap	: 1195.5982 mmHg (25°C)

##### 2) Sifat Kimia

- a. Unsur-unsur yang paling reaktif dapat berinteraksi secara langsung dengan oksigen.
- b. Umumnya, reaksi yang melibatkan oksigen bersifat eksotermis.
- c. Beberapa bahan yang akan bereaksi dengan O<sub>2</sub> perlu dipanaskan terlebih dahulu hingga suhu tertentu untuk memulai pembakaran.
- d. Oksigen aktif dapat mengoksidasi hampir semua logam.

(Howard, 1996)

#### 1.4.6. Air

##### 1) Sifat Fisik

Rumus molekul	: H <sub>2</sub> O
Berat molekul	: 18,015 g/mol
Wujud	: Cairan jernih
Bau	: Tidak berbau
Massa jenis	: 1 g/cm <sup>3</sup>
Titik leleh	: 0°C (32°F; 273,15 K)
Titik didih	: 100°C (212°F; 373,15 K)
Tekanan uap	: 760 mmHg (100°C)
Viskositas	: 1,002 cP (20°C)

##### 2) Sifat Kimia

- a. Karena adanya perbedaan muatan dalam molekul air, sifatnya bersifat polar.
- b. Air tidak dapat diuraikan menjadi senyawa penyusunnya dalam

keadaan normal.

- c. Reaksi mangan dengan air dapat menghasilkan senyawa yang bersifat basa.

(Howard, 1996)

#### 1.4.7. Nitrogen

##### 1) Sifat Fisik

Rumus molekul	: N <sub>2</sub>
Berat molekul	: 14 g/mol
Wujud	: Gas yang tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Massa jenis	: 0.0012506 g/cm <sup>3</sup>
Titik lebur	: -209,86°C (-345,75°F; 63,23 K)
Titik didih	: -195.79°C (-320.422°F; 77.36 K)
Tekanan uap	: 104.87999 mmHg (-196°C)

##### 2) Sifat Kimia

- Nitrogen adalah unsur yang stabil dan memiliki tingkat reaktivitas yang rendah.
- Dalam keadaan bebas, nitrogen membentuk molekul diatomik dengan ikatan kovalen rangkap 3.
- Meskipun bersifat kurang reaktif, nitrogen dapat menunjukkan reaktivitas saat terpapar suhu tinggi dengan logam alkali dan alkali tanah.
- Nitrogen memiliki sifat inert, tidak beracun, dan mudah menguap.

(Pubchem, 2024)

#### 1.4.8. Karbon Monoksida

##### 1) Sifat Fisik

Rumus molekul	: CO
Berat molekul	: 28,01 g/mol
Wujud	: Gas tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Massa jenis	: 1,145 g/cm <sup>3</sup> (0°C)
Titik leleh	: -205 °C (-337°F; 68,15 K)
Titik didih	: -191,5 °C (-312,7°F; 81,65 K)
Viskositas	: 0,0178 cP (20°C)

## 2) Sifat Kimia

- a. Karbon monoksida mudah terbakar dan bereaksi dengan oksigen untuk membentuk karbon dioksida.
- b. CO merupakan agen pereduksi kuat dalam berbagai reaksi kimia, terutama dalam proses ekstraksi logam.
- c. CO sangat berbahaya bagi kesehatan karena mampu berikatan dengan hemoglobin dalam darah, membentuk karboksihemoglobin yang menghambat pengangkutan oksigen dalam tubuh.

(Howard, 1996)

## 1.4.9. Karbon Dioksida

## 1) Sifat Fisik

Rumus molekul	: $\text{CO}_2$
Berat molekul	: 62,07 g/mol
Wujud	: Cair tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Massa jenis	: 1,977 g/cm <sup>3</sup> (0°C)
Titik leleh	: -78,5 °C (-109,3 °F; 194,65 K)
Viskositas	: 0,0147 cP (20°C)

## 2) Sifat Kimia

- a. Karbon dioksida bersifat non-polar dan linier, sehingga tidak larut dalam air.
- b. Tidak dapat terbakar dan sering digunakan untuk memadamkan api.
- c. Umumnya bersifat stabil dan tidak reaktif dalam kondisi normal, dikarenakan ikatan rangkap pada atom oksigen yang membuat molekulnya stabil.

(Howard, 1996)

## 1.4.10. Hidrogen

## 1) Sifat Fisik

Rumus molekul	: $\text{H}_2$
Berat molekul	: 2,016 g/mol
Wujud	: Gas tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Massa jenis	: 0,07 g/cm <sup>3</sup>



Titik leleh	: -259,16°C (-434,49°F; 13,99 K)
Titik didih	: -252,9°C (-423,2°F; 20,1 K)
Tekanan uap	: 92,5 mmHg (50°C)
Viskositas	: 0,88 Pa.s (20°C)

## 2) Sifat Kimia

- a. Molekul hidrogen membentuk ikatan H-H, dan ikatan tunggal ini memiliki nilai entalpi ikatan tertinggi di antara dua atom pada suatu unsur.
- b. Hidrogen dapat beraksi dengan unsur halogen untuk membentuk hidrogen halida.
- c. Hidrogen dapat beraksi dengan molekul oksigen, membentuk air. Reaksi ini bersifat sangat eksotermis secara alami.

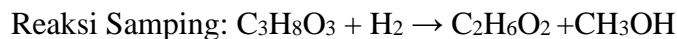
(Howard, 1996)

### 1.5. Proses Pembuatan Bahan Kimia

Propilen glikol bisa diproduksi secara komersial dalam skala industri menggunakan beberapa metode, yaitu sintesis propilen glikol dari gliserol, proses hidrasi propilen oksida tanpa katalis, serta proses hydrocracking sorbitol. Penjelasan masing-masing metode tersebut adalah sebagai berikut:

#### 1.5.1. Hydrogenolysis Gliserol

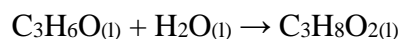
Proses ini merupakan proses komersial yang menggunakan katalis berbasis logam transisi, seperti kobalt (Co), tembaga (Cu), mangan (Mn), dan molibdenum (Mo), yang dikenal efektif dalam mendorong reaksi hidrogenolisis. Katalis yang digunakan biasanya merupakan campuran senyawa logam seperti CuO/ZnO, Ru/TiO<sub>2</sub>, Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Ni/Re/C (Sepulveda dkk., 2017). Proses hidrogenolisis gliserol merupakan reaksi yang melibatkan gliserol dan hidrogen sebagai umpan. Reaksi ini menghasilkan propilen glikol sebagai produk utama, dengan air sebagai produk sampingan. Proses tersebut berlangsung dalam dua tahap yaitu hidrogenasi senyawa gliserol dan pemisahan produk. Reaksi hidrogenolisis gliserol umumnya dilakukan dengan menggunakan hidrogen (H<sub>2</sub>) pada kondisi tekanan dan suhu yang cukup tinggi, yaitu 150 bar dan 220°C hingga 260°C. Pada proses ini, gliserol direaksikan dengan hidrogen untuk membentuk propilen glikol, dengan beberapa produk sampingan seperti etilen glikol, propandiol, dan etanol (Okolie, 2022). Mekanisme reaksi dari proses:



Setelah reaksi hidrogenasi selesai, hasil reaksi yang terdiri dari campuran propilen glikol, etilen glikol, propandiol, dan air perlu dipisahkan. Proses pemisahan ini umumnya dilakukan menggunakan distilasi, di mana campuran alkohol (propilen glikol, etilen glikol, dan produk lainnya) dipisahkan dari gliserol yang tidak terhidrogenasi, dan air dipisahkan dari alkohol menggunakan kolom distilasi.

#### 1.5.2. Hidrasi Propilen Oksida tanpa Katalis

Pada proses ini, propilen oksida dan air akan dicampurkan dan disimpan dalam tangki umpan, kemudian dipompa menuju reaktor. Di dalam reaktor, reaksi berlangsung pada fase cair, namun sebelumnya etanol ditambahkan sebagai pelarut propilen oksida. Produk utama dari reaksi ini adalah propilen glikol, dengan dipropilen glikol sebagai produk sampingan dalam jumlah kecil serta air sisa reaksi. Reaksi berlangsung pada suhu antara 120°C hingga 190°C dan tekanan hingga 2170 kPa. Katalis asam atau basa dapat digunakan untuk mempercepat laju reaksi atau meningkatkan selektivitas produk yang terbentuk (Kirk dan Othmer, 1983). Mekanisme reaksi kimia yang terjadi dalam proses ini dapat dijelaskan sebagai berikut:



#### 1.5.3. Proses *Hydrocracking* Sorbitol

Proses *hidrokraking* sorbitol dilakukan pada rentang suhu antara 150°C hingga 250°C dan tekanan operasi antara 500 hingga 5000 psig, dengan menggunakan hidrogen dan katalis. Katalis yang digunakan merupakan logam mulia golongan VIII dalam tabel periodik, yang didukung oleh material padat dan dilengkapi dengan oksida logam alkali tanah (Magdouli dkk., 2016). Reaksi ini menghasilkan propilen glikol sebagai produk utama, serta asam gliserat sebagai produk sampingan. Mekanisme reaksi yang terjadi dalam proses ini dapat dijelaskan sebagai berikut:



## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 2022. *Engineering Manual for Dowtherm Heat Transfer Fluids*. USA: The Dow Chemical Company.
- \_\_\_\_\_. 2024. *Glycerol Price* (Online). <https://chemicalbook.com>. (Diakses pada tanggal 20 September 2024).
- \_\_\_\_\_. 2024. *Hydrogen Price* (Online). <https://chemicalbook.com>. (Diakses pada tanggal 20 September 2024).
- \_\_\_\_\_. 2024. *Propylene Glycol Price* (Online). <https://chemicalbook.com>. (Diakses pada tanggal 20 September 2024).
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Data Impor Propilen Glikol* (Online). <https://www.bps.go.id/id/exim> (Diakses pada tanggal 21 Agustus 2024)
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Data Ekspor Impor Nasional* (Online). <https://www.bps.go.id/id/exim> (Diakses pada tanggal 21 Agustus 2024).
- Coulson dan Richardson. 2005. *Chemical Engineering Volume 6 4<sup>th</sup> Edition*.
- Couper, J. R., Penney, W. R., James, dan Wallas, S. M. 2012. *Chemical Process Equipment Selection and Design 3<sup>rd</sup> Edition*. USA: Butterworth-Heinemann.  
Elsevier: Butterworth-Heinemann.  
*Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Felder, R. M., dan Rousseau, R. W. 1986. *Elementary Principles of Chemical Engineering 2<sup>nd</sup> Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Howard, P. H. 1996. *Handbook of physical properties of organic chemicals*. CRC press.
- Ismail, S. 1996. *Alat Industri Kimia*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.  
*Jurnal Ilmiah AMIK Labuhan Batu*. 2(2): 35-51.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw Hill Company.
- Kirk dan Othmer. 1983. *Encyclopedia Of Chemical Technology*. USA: John Wiley & Sons.
- Kister, H. Z. 1992. *Distillation Design*. New York: McGraw-Hill Company
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3<sup>rd</sup> Edition*. USA: John Willey & Sons.
- Ludwig, E. E. 1997. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical*

- Plants Volume 2 Third Edition*. Houston: Gulf Publishing Company.
- Luque, R., dkk. 2016. *Handbook of Biofuels Production*. Canada: Elsevier.
- Magdouli, S., dkk. 2016. *Platform Chemical Biorefinery*. Canada: Elsevier.
- Matches Engineering. 2017. *Equipment Cost Index*.  
<http://www.matche.com/equipcost.html>. (Diakses pada tanggal 20 September 2024).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw Hill Company.
- Meutia, S. 2014. *Perancangan Organisasi*. Aceh: Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- Missen, R. W., Charles, A. M., dan Bradley, A. S. 1999. *Introduction to Chemical Reaction Engineering and Kinetics*. USA: John Willey & Sons.  
Newton: Butterworth – Heinemann.
- Otoritas Jasa Keuangan. 2022. *Suku Bunga Dasar Kredit* (Online).  
<https://www.ojk.go.id/id/kanal/perbankan/pages/suku-bunga-dasar.aspx>.  
(Diakses pada tanggal 27 September 2024).
- PAM JAYA. 2024. *Tarif Air Minimum*.  
<https://www.pamjaya.co.id/infopelanggan>. (Diakses pada tanggal 15 September 2024).
- Pasaribu, A. 2024. Rincian tarif listrik PLN per kWh Juli-September 2024.  
<https://www.antaranews.com/berita/4201551/rincian-tarif-listrik-pln-per-kwh-juli-september-2024>. (Diakses pada tanggal 15 September 2024).
- Pattent EP 3087046 B1. Soper et al. 2022. *Improved Processes For Producing Propylene Glycol*.
- Pattent US 2024/0199514 A1. Filippini, G. et al. 2024. *A Process for The Conversion Of Glycerol to Propanols*.
- Perry, R. H. dan Green, D. 1997. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw – Hill Book Company.
- Peter, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 4<sup>th</sup> Edition*. New York: Mc Graw Hill International Book Company.
- Pro, R. 2024. *Pabrik jatiluhur Purwakarta*.  
<https://www.rumah123.com/properti/purwakarta/fas3475171>. (Diakses pada tanggal 21 Oktober 2024).

- PubChem. 2024. *National Library of Medicine*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>  
. (Diakses pada tanggal 17 Maret 2024) .
- Smith, J. M. 1970. *Chemical Engineering Kinetics 2<sup>nd</sup> Edition*. USA: McGraw Hill.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbolt, M. M. 2001. *Introduction Chemical*
- Sumitro. 2014. *Keuntungan dan Kelemahan dari Setiap Jenis Struktur Organisasi*.  
Surabaya: Guna Widya.
- Treybal, R. E. 1980. *Mass-Transfer Operation 3<sup>rd</sup> Edition*. New York: McGraw  
Hill Company.
- Tsatsakis, A. M. 2021. *Toxicological Risk Assessment and Multi-System Health  
Impacts from Exposure*. Washington: Andre Gerhard Wolff.
- Vilbrandt, F., C. dan Dryden, C., E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*.
- Wallas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. USA:  
Butterworth-Heinemann.
- Welty, J. R., Wicks, C. E., Wilson, R. E., dan Rorrer. G. L. 2000. *Fundamentals of  
Momentum, Heat, and Mass Transfer 5<sup>th</sup> Edition*. USA: John Willey &  
Sons.
- Wignjosoebroto, S. 2009. *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan, Edisi ke-3*.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw Hill  
Company.
- Yaws, C. L. 2015. *The Yaws Handbook of Vapor Pressure 2<sup>nd</sup> Edition*. New York:  
Elsevier.