

**PRA RANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI  
GLISEROL DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN**



**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan  
S1 Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan  
Jurusan Teknik Kimia  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

**OLEH :**

ROSMINI 431 20 061  
ANDI RASTI RIANTI S 431 20 071

**PROGRAM STUDI S1 TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN  
JURUSAN TEKNIK KIMIA  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR**

**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Propilen Glikol Dari Gliserol Dengan Kapasitas 5.000 Ton/Tahun” oleh Rosmini NIM 431 20 061 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 24 Oktober 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. Joice Manga, S.T., M.T.  
NIP. 19731215 200312 2 001

Dr. Ridhawati Thahir, S.T., M.T.  
NIP. 19760419 200501 2 002

Mengetahui

Koordinator Program Studi



Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng.

NIP. 19730409 200312 2 002

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
HALAMAN PENERIMAAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR GAMBAR .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR SIMBOL.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
RINGKASAN .....	xi
SUMMARY .....	xii
SURAT PERNYATAAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB I PENDAHULUAN .....	13
1.1 Latar Belakang .....	13
1.2 Kapasitas Pra Rancangan .....	14
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik.....	19
1.4 Tinjauan Pustaka .....	22
BAB II DESKRIPSI PROSES.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Konsep Proses .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 Langkah Proses .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4 Diagram Alir Kualitatif Propilen Glikol .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5 Diagram alir kuantitatif propilen glikol .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB III NERACA MASSA.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1 Reaktor Dehidrasi (R-101).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Menara Destilasi (MD-101) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3 Reaktor Hidrogenasi (R-102).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

3.4 Menara Destilasi (MD-102) .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>BAB IV NERACA PANAS .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1 Neraca Panas Heater (H-01).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
4.2 Neraca Panas Heater (H-02).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
4.3 Neraca Panas Reaktor Dehidrasi (R-01) .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
4.4 Neraca Panas Menara Destilasi (MD-101) ..	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
4.5 Neraca Panas Reaktor Hidrogenasi (R-02) ..	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
4.6 Neraca Panas Menara Destilasi (MD-102) ..	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
4.7 Neraca Panas Cooler (CO-01).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>BAB V SPESIFIKASI ALAT .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1 Tangki penyimpanan gliserol (T-101).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.2 Heater Gliserol (H-101) .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.3 Tangki Penyimpanan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (T-102).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.4 Heater H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (T-102).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.5 Reaktor Dehidrasi (R-101).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.6 Menara Destilasi (MD-101).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.7 Kondensor Destilasi (CD-101).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.8 Reboiler (RB-101).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.9 Tangki Penyimpanan Sisa Gliserol (TP-103)	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.10 Reaktor Hidrogenasi (R-102).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.11 Menara Destilasi (MD-102) .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.12 Condensor (CD-102).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.13 Reboiler (RB-102).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.14 Cooler (C-101) .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.15 Tangki penyimpanan asetol (TP-104) .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>

5.16 Cooler (C-01) .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.17 Tangki penyimpanan Asetol (T-04).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.18 Tangki penyimpanan propylene glycol (T-05)	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
5.19 Pompa.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>BAB VI UTILITAS.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1 Unit pengadaan air .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
6.2 Pengolahan Limbah.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.1 Instrumentasi.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
7.2 Keselamatan Kerja .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>BAB VIII MANAJEMEN PERUSAHAAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
8.1 Umum.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
8.2 Bentuk Perusahaan .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
8.3 Struktur Organisasi.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
8.4 Tugas dan Wewenang.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
8.6 Status Karyawan dan Sistem Upah .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN PEMETAAN</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.1 Lokasi Pabrik .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
9.2 Tata Letak Pabrik .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>BAB X ANALISA EKONOMI.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10.1 Kajian Ekonomi .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
10.2 Analisa Kelayakan Ekonomi.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>BAB XI KESIMPULAN .....</b>	<b>31</b>

DAFTAR PUSTAKA .....	32
LAMPIRAN A .....	LA-1
LAMPIRAN B .....	LB-1
LAMPIRAN C .....	LC-1
LAMPIRAN D .....	LD-1
LAMPIRAN E .....	LE-1



## RINGKASAN

Perancangan pabrik propilen glikol dari gliserol dengan kapasitas 5.000 ton/tahun. Propilen Glikol adalah sebuah senyawa organik yang penggunaannya sangat banyak dalam industri farmasi, makanan dan kosmetik, seperti: zat adiktif yang berfungsi sebagai penstabil viskositas dan warna dalam industry cat, formula obat dalam industri farmasi, bahan pelembut atau pelembab dalam industri kosmetik.

Pabrik propilen glikol direncanakan akan didirikan pada tahun 2028 di kawasan Melawan II, Medan Kota Belawan, Kota Medan, Sumatra Utara, dengan kapasitas 5.000 ton/tahun yang beroperasi selama 330 hari. Proses pembuatan propilen glikol dilakukan menggunakan proses hidrogenolisis gliserol, dimana proses ini terdiri dari tiga tahapan utama yaitu: Proses dehidrasi gliserol menjadi asetol, proses hidrogenasi asetol menjadi propilen glikol proses pemurnian propilen glikol.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas dengan bentuk organisasi type garis dengan total tenaga kerja 114 orang. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari *shift dan non shift*. Hasil perhitungan Analisa ekonomi menunjukkan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 26.893.789.891,44/tahun. *Break Even Point* (BEP) pada 59,52% dan *Pasy Out Time* (POT) 7 tahun. Analisis ekonomi menunjukkan bahwa pabrik propilen glikol layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

## **SUMMARY**

*Design of propylene glycol plant from glycerol with a capacity of 5,000 tons/year. Propylene glycol is an organic compound that is widely used in the pharmaceutical, food and cosmetic industries, such as: an addictive substance that functions as a viscosity and color stabilizer in the paint industry, a drug formula in the pharmaceutical industry, a softener or moisturizer in the cosmetic industry*

*The propylene glycol factory is planned to be established in 2028 in Dumai, Riau, Manyar District, Gresik Regency, East Java Province with a capacity of 5,000 tons/year operating for 330 days. The process of making propylene glycol is carried out using the glycerol hydrogenolysis process, where this process consists of three main stages, namely: The process of dehydration of glycerol into Asetol, the process of hydrogenation of Asetol into propylene glycol, the process of refining propylene glycol.*

*The company's form is a Limited Liability Company with a line type organizational form with a total workforce of 114 people. The employee work system is based on the division according to working hours consisting of shifts and non-shifts. The results of the calculation of the economic analysis show a profit after tax of Rp 26,893,789,891.44/year. Break Even Point (BEP) at 59.52% and Pass Out Time (POT) 7 years. The economic analysis shows that the propylene glycol plant.*

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Propilene glikol yang mempunyai nama IUPAC propane-1,2-diol adalah senyawa organik dan salah satu turunan propilen yang memiliki rumus kimia  $C_3H_8O_2$ . Senyawa ini mempunyai sifat jernih, kental, cair, sedikit berbau, sedikit pahit dan memiliki titik uap rendah. Nama lain propilen glikol adalah 1,2-dihydroxypropane, *methyl glycol*, dan *trymethyl glycol*. Propilen glikol juga merupakan pelarut yang sangat penting dalam pembuatan konsentrat perasa dengan kualitas tinggi dan biaya produksi yang rendah (Panningo, 2022).

Propilen glikol digunakan sebagai pelarut dan pelembut pada kosmetik maupun sebagai absorber untuk meng hilangkan *excess* air. Senyawa ini juga dapat dijadikan sebagai *wetting agent* yang sempurna untuk natural gum dan dapat menjadi katalis dalam proses penyederhanaan persenyawaan sitrus dan emulsi perasa lainnya. Propilen glikol taraf industri merupakan perantara penting pada produksi resin alkil untuk cat dan *furnace*. Kegunaan lain dari propilen glikol adalah sebagai pendingin untuk *automobile* dan truk bermesin diesel. Propilen glikol memiliki sifat toksisitas yang rendah dan sifat formulasi yang baik, sehingga banyak digunakan sebagai bahan baku pada produk makanan, kosmetik dan obat-obatan. Selain merupakan antimikroba dan pengawet makanan yang efektif, propilen glikol dapat dimanfaatkan secara luas sebagai pelarut bahan organik dan dapat larut dengan sempurna dalam air (Idzati, 2020)

Berdasarkan data dari BPS tahun 2023 kebutuhan propilen glikol terus mengalami peningkatan di setiap tahunnya, hal ini dapat dilihat dari jumlah data impor dan konsumsi propilen glikol di Indonesia dalam waktu 5 tahun terakhir dari tahun 2019 hingga 2023 mencapai 73.324,64-79.908,32 ton/tahun. Berdasarkan data impor dan konsumsi dihasilkan jumlah kebutuhan pada tahun 2028 sebesar 89356.57 ton/tahun. Dalam memenuhi kebutuhan tersebut

dapat menjadi peluang untuk mendirikan pabrik propilen glikol di Indonesia. Ditinjau dari ketersediaan bahan baku gliserol untuk memproduksi propilen glikol dalam negeri, SDM dan sarana prasarana yang tersedia serta besarnya kebutuhan pasar di dalam negeri, namun belum ada pabrik yang memproduksi propilen glikol di Indonesia, sehingga pendirian pabrik propilen glikol di Indonesia sangat tepat untuk memenuhi kebutuhan propilen glikol dan mengurangi jumlah impor dari negara lain. Kapasitas produksi yang direncanakan 5% dari jumlah kebutuhan di Indonesia sehingga diperoleh kapasitas sebesar 5.000 ton/tahun dengan masa konstruksi 4 tahun dan mulai beroperasi pada tahun 2028.

## 1.2 Kapasitas Pra Rancangan

Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam merancang suatu pabrik adalah menentukan kapasitas pabrik karena dapat mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis. Adapun pertimbangan dalam penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan yaitu ketersediaan bahan baku dan prediksi kebutuhan propilen glikol di Indonesia

### 1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Faktor yang sangat penting dalam keberlangsungan suatu pabrik yaitu tersedianya bahan baku. Untuk menjamin kelangsungan suatu pabrik, maka perlu adanya perhatian secara serius terhadap jumlah bahan baku yang tersedia secara teratur dalam jumlah yang cukup. Berikut adalah daftar perusahaan yang memproduksi gliserol di Indonesia.

Tabel 1.1 Produksi Gliserol di Indonesia

No	Nama	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1	PT. Sinar Oleochemical Int	Medan	12.250
2	PT. Flora Sawita	Medan	5.400
3	PT. Cisadane Raya Chemical	Tangerang	5.500

4	PT. Sumi Asih	Bekasi	3.500
5	PT. Sayap Mas Utama	Bekasi	4.000
6	PT. Bukit Perak	Semarang	1.440
7	PT. Wing Surya	Surabaya	3.500
8	PT. Unilever	Surabaya	8.450
		Total	44.040

Sumber: (Akabata & ZR, 2023)

### 1.2.2 Kebutuhan

Kebutuhan propilen glikol di Indonesia cukup besar, namun sampai saat ini belum ada industri yang memproduksinya. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri dilakukan impor dari negara lain. Data impor dan data konsumsi untuk setiap tahun dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Data impor dan komsumsi propilen glikol di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)	Konsumsi (ton/tahun)
2019	36547,54	39317.5
2020	38536,02	36777.1
2021	39273,93	38645.2
2022	40151,94	39389.5
2023	38150,86	40449.9

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2019-2023; Akabata & ZR, 2023

## 1. Perhitungan Kapasitas Pabrik Berdasarkan *Linear Method*

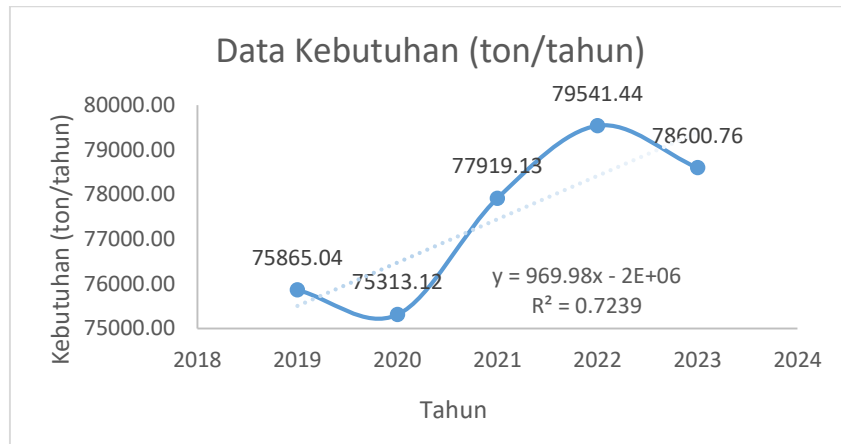
Berdasarkan data impor dan komsumsi pada Tabel 1.2 maka dapat diperkirakan jumlah kapasitas produksi propilen glikol di Indonesia pada tahun 2028 saat pabrik didirikan, menggunakan perhitungan *linear method* sebagai berikut:

Tabel 1. 3 Perhitungan kebutuhan dan produksi setiap tahun propylene glycol

Tahun	Kebutuhan (ton/tahun)	Produksi (ton/tahun)
2019	75865.04	0

2020	75313.12
2021	77919.13
2022	79541.44
2023	78600.76

Berdasarkan Tabel 1.3, maka diperoleh grafik hubungan antara kebutuhan propilen glikol di Indonesia setiap tahunnya.



Gambar 1. 1 Grafik Kebutuhan Propilen Glikol di Indonesia

Berdasarkan grafik diperoleh nilai regresi (R) untuk data kebutuhan <0,9 hal ini menunjukkan bahwa grafik tidak linear. Maka metode interpolasi linear untuk memprediksi kapasitas tidak bisa digunakan. Sehingga metode yang akan digunakan untuk memprediksi kapasitas pabrik propilen glikol pada tahun 2028 adalah metode pertumbuhan rata-rata pertahun (*Discounted Method*).

## 2. Perhitungan Kapasitas Pabrik Berdasarkan *Discounted Method*

Prediksi kapasitas pabrik propilen glikol pada tahun 2028 menggunakan metode pertumbuhan rata-rata pertahun (*Discounted Method*) dengan persamaan sebagai berikut (Ulrich,1984):

$$m = P (1+i)^n \dots\dots\dots (1.1)$$

Dimana:

m = Jumlah produk pada tahun yang diperhitungkan

p = Jumlah produk pada tahun terakhir yang diketahui

i = Rata-rata pertumbuhan pertahun

n = Selisih tahun (Tahun ke-n)

Tabel 1. 4 Perhitungan pertumbuhan rata-rata untuk setiap data

Tahun	Impor (ton/tahun)	pertumbuhan (%)	konsumsi (ton/tahun)	pertumbuhan (%)
2019	36547.54	0	39317.5	0
2020	38536.02	5.44%	36777.1	-6.46%
2021	39273.93	1.91%	38645.2	5.08%
2022	40151.94	2.24%	39389.5	1.93%
2023	38150.86	-4.98%	40449.9	2.69%
Total	192660.30	4.61%	194579.20	3.24%
i (rata-rata)		1.15%		0.81%

Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia tahun 2023 Indonesia mengimpor propilen glikol sebanyak 38150.86 ton/tahun dari berbagai negara. Perkiraan impor pada tahun 2028 (m1) adalah sebagai berikut:

$$m1 = P (1+i)^n \dots\dots\dots (1.2)$$

Dimana:

m = Perkiraan impor propilen glikol pada tahun 2028

p = Jumlah produk pada tahun terakhir yang diketahui

i = Rata-rata pertumbuhan pertahun (%)

n = Selisih tahun (Tahun ke-n)

Sehingga:

$$m1 = 38150,86 (1+1,15\%)^5$$

$$m1 = 40399,32 \text{ ton/tahun}$$

Perkiraan konsumsi propilen glikol di tahun 2028 (m5) berdasarkan tabel adalah

$$m_5 = 40449.9 (1+0,81\%)^5$$

$$m_5 = 42112,97 \text{ ton/tahun}$$

Data perkiraan produksi propilen glikol diasumsikan sama dengan 0 (nol) dikarenakan saat ini belum ada pabrik propilen glikol yang beroperasi di Indonesia. Sehingga peluang produksi propilen glikol pada tahun 2027 (m3) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

Peluang Kapasitas = Kebutuhan-Produksi

Keterangan:

$$m_1 = \text{Nilai impor tahun 2028} = 40399,32 \text{ ton/tahun}$$

$$m_2 = \text{Produksi pabrik dalam negeri} = 0 \text{ ton/tahun}$$

$$m_3 = \text{Kapasitas pabrik yang akan didirikan pada tahun 2028}$$

$$m_5 = \text{Nilai konsumsi pada tahun 2028} = 42112,97 \text{ ton/tahun}$$

Sehingga:

Peluang Kapasitas = Kebutuhan-Produksi

$$= (\text{Impor}(m_1) + \text{Konsumsi}(m_5)) - \text{Produksi}(m_2)$$

$$= (40399,32 + 42112,97) - 0$$

$$= 82512.29 \text{ ton/tahun}$$

Kapasitas produksi diasumsikan 5% dari nilai peluang kapasitas produksi di Indonesia sehingga:

$$m_3 = 82512.29 \text{ ton/tahun} \times 5\%$$

$$= 4125.61 \text{ ton/tahun} \approx 5000 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan peluang produksi propilen glikol pada tahun 2028 sebesar 82512.29 ton/tahun dan ditinjau dari ketersediaan bahan baku yang berada di daerah lokasi pabrik, maka untuk penentuan kapasitas pabrik dapat diambil 5% dari jumlah peluang propilen glikol.

Sehingga diperoleh kapasitas pabrik propilen glikol yang didirikan pada tahun 2028 sebesar 5.000 ton/tahun.

### 1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Aspek terpenting dalam merancang suatu pabrik adalah menetapkan lokasi pabrik. Secara geologis, penentuan lokasi pabrik dapat berdampak langsung terhadap keberlangsungan suatu industri pada masa yang akan datang karena berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi pabrik. Pabrik propilen glikol ini rencana akan di dirikan di kawasan Melawan II, Medan Kota Belawan, Kota Medan, Sumatra Utara.



Gambar 1.2 Lokasi Pendirian Pabrik Propilen Glikol

Pemilihan lokasi pabrik berlandaskan dari kriteria atau faktor-faktor yang ada. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik dapat digolongkan menjadi dua yaitu faktor utama dan faktor khusus.

#### 1. Faktor Utama

##### a. Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam pabrik propilen glikol yang akan di bangun adalah gliserol. Bahan baku gliserol pada pabrik ini diperoleh dari PT. Sinar Oleochemical Int dan PT. Flora Sawita yang dekat dari lokasi pendirian pabrik propilen glikol.

b. Aksesibilitas

Masalah transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran pembekalan *supply* bahan baku dan penyaluran produk dapat terjamin dengan biaya serendah mungkin dan dalam waktu yang singkat. Pendistribusian produk tentunya menggunakan alat transportasi truk. Hal ini tentunya menjadi salah satu faktor sebagai pertimbangan pemilihan lokasi pabrik. Pabrik yang akan dibangun di Medan dekat Jl. Pelabuhan dan Jl. Tol Belmera yang akan memudahkan akses pengiriman produk maupun bahan baku. Lokasi pabrik tentunya harus memiliki akses keluar dan masuk yang mudah agar menunjang kelancaran produksi dan distribusi.

c. Ekspansi

Faktor ekspansi adalah pertimbangan penting dalam pemilihan lokasi pabrik. Faktor ini mengacu pada kemampuan pabrik untuk berkembang dan menyesuaikan diri dengan kebutuhan serta kondisi pasar di masa mendatang.

d. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu faktor penting dalam industri kimia. Hal ini dikarenakan pemasaran dapat menentukan keberhasilan dari industri. Pabrik *propylene glycol* ini didirikan dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan pada industri kosmetik dan farmasi, dan sejenisnya yang membutuhkan *propylene glycol* di Indonesia.

e. Utilitas

Pada suatu pabrik unit utilitas sangatlah penting, dimana unit utilitas merupakan sarana kelancaran untuk proses produksi. Unit utilitas terbagi atas air, listrik dan bahan bakar. Air

merupakan salah satu kebutuhan yang penting bagi suatu industri. Dimana air digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air sanitasi, dan kebutuhan lainnya. Kebutuhan air untuk proses pada pabrik ini diperoleh dari sungai pegatalan yang berdekatan dengan lokasi pendirian pabrik. Bahan bakar yang digunakan adalah solar, sedangkan untuk pasokan listrik disediakan oleh PLN.

f. Peraturan Pemerintah

Dalam proses pendirian pabrik diperlukan kelengkapan berkas dari berbagai instansi terkait, baik itu pemerintah daerah maupun badan pertahan setempat. Tanah yang akan digunakan untuk pendirian pabrik harus bebas dari sangketa atau masalah hukum lainnya, sehingga proses pembangunan dan operasional pabrik dapat berjalan lancar tanpa mengalami hambatan di masa mendatang.

2. Faktor Khusus

a. Ketersediaan Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja di Indonesia tidak sulit diperoleh. Tenaga kerja yang berkualitas dan terampil dapat diperoleh dari seluruh alumni Universitas di Indonesia sedangkan tenaga kerja berpendidikan menengah dan kejuruan dapat diperoleh dari daerah sekitar pabrik.

b. Lingkungan

Kondisi iklim dan cuaca lokasi pabrik juga dipengaruhi oleh lingkungan, apabila lingkungan sekitar tidak menunjang seperti kekurangan air, tanah longsor dan sebagainya dapat menyebabkan terhambatnya proses produksi. Dari segi topografinya sebagian wilayah Medan mempunyai dataran rendah dengan ketinggian 2,5-3,7 m di atas permukaan laut. Kota

Medan memiliki iklim tropis dengan suhu minimum berkisar 23-24,1°C dan suhu maksimum berkisar antara 30,6-33,1°C.

### c. Dampak Lingkungan

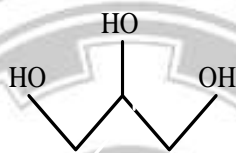
Lingkungan di kawasan Melawan II, Medan Kota Belawan, Kota Medan, Sumatra Utara, merupakan lingkungan yang baik. Perusahaan kawasan industri menyediakan fasilitas utama, antara lain instalasi pengolahan air baku, instalasi pengolahan air limbah, saluran drainase, instalasi penerangan jalan, dan jaringan jalan. Dengan konsep pengelolaan lingkungan yang terpusat, diharapkan dapat meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan oleh aktivitas industri terkait kerusakan lingkungan.

## 1.4 Tinjauan Pustaka

### 1.4.1 *Glycerol*

*Glycerol* adalah produk samping produksi biodiesel dari reaksi transesterifikasi dan merupakan senyawa alkohol dengan gugus hidroksil berjumlah tiga buah (Prasetyo, et al., 2012). Nama lain dari *glycerol* ( $C_3H_8O_3$ ) adalah gliserin. Secara umum, sifat fisik dari *glycerol* ini adalah tidak berwarna, tidak berbau, berasa manis, dan tidak beracun. *Glycerol* memiliki tiga gugus alkohol yang sangat mudah larut dalam air. Konfigurasi struktural *glycerol* menunjukkan tiga tulang belakang karbon dengan tiga gugus hidroksil, bertanggung jawab atas sifat higroskopik dan kelarutannya dalam air. Sifatnya yang sangat berkurang, membuat *glycerol* menjadi bahan baku yang sangat baik untuk produksi bahan kimia dan produk bernilai tambah (Paningo, 2022). *Glycerol* identik dengan propana-1,2,3-triol, 1,2,3-propanetriol, 1,2,3-trihydroxypropane, *glyceritol*, dan glisil alkohol. *Glycerol* adalah alkohol toksisitas rendah yang terdiri dari rantai tiga karbon dengan gugus hidroksil yang terikat pada setiap karbon.

*Glycerol* dapat diperoleh dari bahan baku alami atau petrokimia (Tan, dkk., 2013). Sebagai produk samping, 1 mol *glycerol* diproduksi untuk setiap 3 mol metil ester yang setara dengan kira-kira 10% berat dari total produk. *Glycerol* salah satu produk samping (*by-product*) dari pembuatan biodiesel sehingga dengan meningkatnya jumlah pabrik biodiesel, maka *glycerol* yang dihasilkan pun semakin banyak. *Glycerol* bukanlah zat berbahaya namun apabila dibuang ke lingkungan dapat memberikan kerusakan pada biota lingkungan baik di air dan tanah (Rastini, 2016). Struktur dari *glycerol* ditunjukkan pada gambar 1.4 dibawah ini.



Gambar 1.3 Struktur *Glycerol*

Ketika trigliserida dirangsang oleh katalis, trigliserida akan bereaksi secara kimiawi dengan alkohol, umumnya adalah metanol atau etanol, untuk menghasilkan metil ester, biodiese atau etil ester, dan *glycerol*. Trigliserida pada reaksi dalam pembuatan *Fatty Acid Methil Ester* (FAME) merupakan reaksi berkatalis dan terjadi keseimbangan, satu mol dari molekul trigliserida bereaksi dengan tiga mol dari molekul metanol. Meskipun stoikiometri umum reaksi memerlukan tiga mol alkohol untuk setiap mol trigliserida, alkohol berlebih dibutuhkan dalam media reaksi untuk memaksa reaksi dan mendapatkan hasil yang lebih tinggi, dalam industri produksi biodiesel dengan rasio 6:1 M alkohol terhadap minyak, dengan alkohol 100% untuk menyelesaikan reaksi (Paningo, 2022). Kadar asam lemak bebas pada bahan baku adalah faktor terpenting karena mempengaruhi reaksi transesterifikasi. Asam lemak bebas yang tinggi pada bahan baku dapat menyebabkan terbentuknya sabun bila bahan kimia basa digunakan sebagai katalis, karena bahan kimia basa bereaksi untuk menetralkan asam lemak bebas dari minyak. (Oko dan Syahrir, 2018). Adapun sifat kimia dan sifat fisika yang lebih spesifik dari *glycerol* dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Sifat Kimia dan Fisika Glycerol

Fasa	Liquid
Berat Molekul	92,09 gram/mol
Warna	Tidak Berwarna
Titik Didih	290°C
Titik Lebur	18°C
Titik Flash	160°C
Titik terdekomposisi	>290°C
Spesifik Gravity	1.261
Volatilitas	Tidak Mudah Menguap
Kelarutan	Larut dalam air

Sumber: (Cahyaningrum & Adam, 2017)

#### 1.4.2 Propylene Glycol

Senyawa 1,2 propandiol merupakan senyawa dengan rumus kimia  $C_3H_8O_2$ , senyawa ini memiliki nama komersial *propylene glycol industrial*. Secara umum, *propylene glycol* memiliki sifat yaitu tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa dan larut sempurna dalam air. Kegunaan *propylene glycol* dalam dunia industri cukup luas antara lain sebagai bahan pengawet maupun pelarut dalam industri makanan, sebagai obat-obatan, sebagai pelembap, dan juga berguna dalam industri farmasi untuk formula obat.

Senyawa 1,2-propanediol atau *propylene glycol* merupakan hasil hidrogenasi biasanya dimanfaatkan sebagai monomer pada pembuatan polyester atau poliuretan, selain digunakan juga sebagai anti *freeze agent*, *de-icing*, zat aditif parfum, kosmetik, makanan dan obat-obatan. (Bolado, S dkk, 2010).

*Propylene glycol* merupakan suatu senyawa organik yang banyak digunakan dalam industri makanan, kosmetik dan farmasi, baik sebagai pelarut, pelembut pada kosmetik maupun sebagai absorber untuk menghilangkan *excess* air. Senyawa ini juga dapat dijadikan sebagai *wetting agent*

yang sempurna untuk natural gum dan dapat menjadi katalis dalam proses penyederhanaan persenyawaan sitrus dan emulsi perasa lainnya.

*Propylene glycol* pada industri merupakan perantara penting pada produksi resin alkil untuk cat dan furnace. Kegunaan lain dari *propylene glycol* adalah sebagai pendingin untuk *automobile* dan truk bermesin diesel. *Propylene glycol* memiliki sifat toksisitas yang rendah dan sifat formulasi yang baik, sehingga sering digunakan sebagai bahan baku pada produk makanan, kosmetik dan obat-obatan. Selain merupakan antimikroba dan pengawet makanan yang efektif, *propylene glycol* dapat dimanfaatkan secara luas sebagai pelarut bahan organik dan dapat larut dengan sempurna dalam air. *Propylene glycol* merupakan pelarut penting untuk senyawa aromatik pada industri konsentrat perasa, Idzati (2020).

#### 1.4.3 Pemilihan Proses

Dalam memproduksi *propylene glycol* menggunakan bahan baku *glycerol* dapat dilakukan dengan berbagai metode. Pemilihan proses memerlukan beberapa pertimbangan aspek seperti bahan baku, konversi, dan kondisi operasi. Pemilihan proses sangat penting dilakukan untuk memperoleh produk bernilai jual tinggi dengan bahan baku yang murah dan biaya produksi yang relatif rendah. Ada beberapa macam proses pembuatan *propylene glycol* dari *glycerol* berdasarkan *United State Patent* yang dikutip dalam (Akabata & ZR, 2023), sebagai berikut:

##### 1) Metode menghasilkan alkohol lebih rendah dari gliserol

Metode pertama melibatkan produksi alkohol yang memiliki tingkat konsentrasi lebih rendah daripada *glycerol*. Berdasarkan *United State Patent 2011*, proses pembentukan *propylene glycol* dilakukan dalam 3 tahapan utama, yaitu reaksi dehidrasi (pelepasan air), reaksi hidrogenasi dan pemurnian produk. *Glycerol* yang digunakan sebagai bahan baku berasal dari limbah produksi

biodiesel dengan konsentrasi antara 40-85%, yang mengandung pengotor seperti garam natrium, klorin, belerang, dan fosfor.

Hidrogenasi adalah proses kimia di mana molekul hidrogen ditambahkan ke molekul lain. Biasanya, ini terjadi pada molekul yang memiliki ikatan rangkap tak jenuh seperti alkena atau alkuna. Sedangkan, reaksi dehidrasi adalah ketika air dilepaskan dari molekul yang bereaksi. Kondisi operasi pada Reaktor Dehidrasi (R-101) yaitu dengan suhu 100°C dan tekanan 1 bar dengan bantuan katalis asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Pada proses hidrogenasi, kondisi operasionalnya adalah pada suhu 220°C dan tekanan 25 bar. Proses ini berlangsung selama 1 jam secara terus-menerus, dengan tingkat konversi reaktor mencapai 90,96% dengan katalis sebanyak 5%. Pada proses ini terdapat bahan baku *glycerol* (propane-1,2,3- triol) dan gas hidrogen yang tidak bereaksi dan akan dikembalikan (*Recycle*) menuju unit reaktor hidrogenasi. Produk yang dihasilkan dari proses hidrogenasi masih mengandung kontaminan bahan baku *glycerol* dan gas hidrogen yang tidak bereaksi. Oleh karena itu, produk tersebut harus dimurnikan lebih lanjut menggunakan unit kolom destilasi, (*United States of America Patent No. US 7, 943,805 B2, 2011*).

## **2) Proses untuk mengkonversi gliserin ke dalam propilen glikol**

Proses kedua ini bertujuan untuk mengkonversi gliserin menjadi *propylene glycol*, seperti yang dijelaskan dalam *United State Patent 2013*. Proses tersebut melibatkan beberapa langkah, antara lain memanaskan campuran umpan yang terdiri dari gliserin, hidrogen, dan metanol dalam pemanas reaktor, lalu memasukkan campuran umpan yang dipanaskan tersebut ke dalam reaktor. Kemudian, *efluen* reaktor dipisahkan menjadi aliran fasa uap dan aliran fasa cair, selanjutnya aliran fasa uap dikondensasikan menjadi cairan, yang kemudian akan didaur ulang kembali ke reaktor. Cairan tersebut kemudian disuling untuk memperoleh *propylene glycol* yang dimurnikan. Bahan

baku *glycerol* yang digunakan dalam proses ini berasal dari limbah produksi biodiesel dengan konsentrasi antara 40-85%. Konsentrasi ini dapat bervariasi karena adanya kontaminan seperti garam yang mengandung natrium, klorin, belerang, dan fosfor.

Dalam proses ini, campuran umpan yang terdiri dari hidrogen, gliserin, dan metanol dipanaskan sebelum dimasukkan ke dalam reaktor. Proses hidrogenasi menggunakan suhu 150-240°C, dengan tekanan 2-8 MPa (20-80 atm) dengan konversi 70%. Selanjutnya *efluen* dipisahkan ke dalam *vapor phase stream*, keluaran berupa gas H<sub>2</sub> yang akan diumpungkan kembali sedangkan campuran *propylene glycol*, *Asetol*, metanol dan air akan dipisahkan dengan cara pemisahan dengan kolom destilasi bertingkat. Katalis yang digunakan berupa logam atau oksida logam. (*United State of America Patent No. US 8,394,99B2, 2013*).

### **3) Proses untuk mengubah gliserol menjadi *propylene glycol***

Proses yang ketiga yaitu proses mengubah *glycerol* menjadi *propylene glycol* berdasarkan *United State Patent 2013*. Proses ini dapat mengubah *glycerol* menjadi *propylene glycol* dengan selektivitas tinggi, *propylene glycol* yang dibuat dari gliserin yang sudah di murnikan. Penemuan ini menjelaskan suatu proses untuk produksi *propylene glycol* dari *glycerol*, transformasi *glycerol* murni menjadi *propylene glycol* dilakukan dengan cara dari reaksi hidrogenolisis, dalam fasa cair dimana dua tahap reaksi berlangsung secara bersamaan dan dalam satu dan reaktor yang sama di bawah kondisi tertentu suhu dan tekanan, dan *efluen* dari reaktor dibawa ke tahapan proses selanjutnya yang terdiri dari pemisahan dan pemurnian.

Bahan baku *glycerol* yang digunakan berasal dari produk samping proses produksi biodiesel dengan konsentrasi antara 40-85%, karena mengandung kontaminan seperti garam natrium, klorin, belerang, dan fosfor sehingga perlu dilakukan proses pemurnian terlebih dahulu untuk mendapatkan bahan baku dengan konsentrasi >90%. Proses yang paling umum digunakan untuk

pemurnian tahap adalah distilasi fraksional vakum Metode produksi *propylene glycol* dari *glycerol* menurut klaim paten ini bekerja dalam reaktor metanasi menggunakan katalis berbasis nikel yang didukung pada alumina, beroperasi pada kisaran suhu antara 160–260°C, pada tekanan dalam kisaran dari 5 kgf/cm sampai 50 kgf/cm (4.9–49 bar). Dalam reaktor, metana tambahan dimasukkan dan kemudian diambil kembali dalam bentuk metana untuk didaur ulang.. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan penonaktifan katalis dan mempertahankan tingkat konversi *glycerol* di atas 95% serta selektivitas *propylene glycol* di atas 90%. *Efluen* dari reaktor kemudian dialirkan ke bagian pemisahan dan pemurnian, di mana produk akhir diperoleh dengan tingkat kemurnian yang tinggi dan kandungan pengotor yang rendah. Informasi ini didasarkan pada *United States Patent* No. US 8,492,597 B2, 2013.

Berdasarkan beberapa proses pembuatan *propylene glycol* dari *glycerol* di atas, maka dilakukan beberapa perbandingan proses yang dapat dilihat pada Table 1.6.

Tabel 1.6 Perbandingan Proses Pembuatan Propylene Glycol

	Proses I	Proses II	Proses II
<b>Bahan baku</b>	<i>Glycerol</i>	<i>Glycerol</i>	<i>Glycerol</i>
Reaksi Kimia	Reaksi dehidrasi, Reaksi hidrogenasi	Reaksi dehidrasi, Reaksi hidrogeasi	Reaksi dehidrasi, Reaksi hidrogenasi
Katalis	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Katalis logam/ oksida logam	Katalis berbasis tembaga
<b>Limbah</b>	H <sub>2</sub> O	Metanol, H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
Jenis	Tidak berbahaya	Senyawa beracun	Tidak berbahaya
Recycle/Reuse	Ya	Ya	Ya
<b>Kondisi Operasi</b>			

Vessel/Reaktor (Temperatur)	220°C	240°C	260°C
Vessel/Reaktor (Tekanan)	25 bar	81,06 bar	49 bar

Pemilihan proses dapat ditinjau dari kelebihan dan kekurangan masing-masing proses. Ketiga proses diatas telah dibandingkan untuk memilih proses produksi *propylene glycol* yang paling efisien dan ekonomis. Adapun kelebihan dan kekurangan dari ketiga proses tersebut tertera pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Kelebihan dan kekurangan dari masing-masing proses

Tinjauan	Proses I	Proses II	Proses III
Kelebihan	Bahan baku mudah didapat	Bahan baku mudah didapat	Bahan baku mudah didapat
	Teknologi yang digunakan lebih sederhana karena tidak ada proses pemurnian bahan baku awal	Teknologi yang digunakan lebih banyak karena terdapat proses pemurnian bahan baku awal	Teknologi yang digunakan lebih banyak karena terdapat proses pemurnian bahan baku awal
	Nilai konversi reactor sebesar 90,96%	Nilai konversi reactor sebesar 70%	Nilai konversi reactor sebesar >95%
	Menggunakan tekanan dan suhu rendah	Menggunakan tekanan dan suhu yang lebih besar	Menggunakan tekanan dan suhu yang lebih besar
Kekurangan	Hasil samping berupa H <sub>2</sub> O	Hasil samping berupa methanol dan H <sub>2</sub> O	Hasil samping berupa methanol dan H <sub>2</sub> O
	Tidak terdapat proses pemurnian	Menggunakan tekanan dan suhu	Menggunakan tekanan dan suhu

<i>glicerol</i> sebelum masuk ke proses hidrasi.	yang cukup tinggi serta menghasilkan hasil samping berbahaya.	yang cukup tinggi serta menghasilkan hasil samping berbahaya.
--	--	--

---

Dari perbandingan kelebihan dan kekurangan seleksi proses pembuatan *propylene glycol* di atas maka ditetapkan teknologi proses produksi propilen glikol dari gliserol yang digunakan adalah *United State Patent 2011, Suppes et al.*



## BAB XI KESIMPULAN

Berdasarkan prarancangan *propylene glycol* dari *glycerol* dengan kapasitas produksi 5.000 ton/tahun, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pendirian pabrik *propylene glycol* dengan kapasitas 5.000 ton/tahun dilatar belakangi untuk meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan akan bahan kimia dalam negeri. Sehingga dapat mengurangi ketergantungan dari negara lain.
2. Pabrik *propylene glycol* ini berbentuk Perseroan Terbatas direncanakan akan didirikan di atas tanah seluas 30.000 m<sup>2</sup> di kawasan Melawan II, Medan Kota Belawan, Kota Medan Sumatra Utara, dengan jumlah karyawan 114 orang dan beroperasi selama 330 hari/tahun.
3. Berdasarkan hasil analisa ekonomi maka didapatkan:
  - a. Keuntungan yang diperoleh sebelum pajak adalah Rp38.419.699.844,92 tahun dan setelah pajak 30% adalah Rp26.893.789.891,44/tahun.
  - b. *Persentase Return of Investment* (ROI) sebelum pajak 7,65% dan setelah pajak adalah 5%.
  - c. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu selama 5 tahun dan setelah pajak yaitu selama 7 tahun.
  - d. *Break Even Point* (BEP) yaitu pada 59,5%
  - e. *Shut down Point* (SDP) adalah 12,2%

Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik *propylene glycol* dari *glycerol* dengan kapasitas 5.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akabata, K. S., & ZR, M. F. (2023). Pra-Rancangan Pabrik *Propylene Glycol* Dari *Glycerol* Dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun. Tangerang Selatan: Intitut Teknologi Indonesia.
- Bozga, E. R. (2011). *Conversion of Glycerol to Propanediol and Acrolein by Heterogeneous Catalysis*. *Revista de Chimie*, 62(6), 646-654.
- Bolado Silvia, Ricardo E Trevino, M. Teresa Garcia-Cubero, Gerardo Gonzalez-Benito (2010). "*Glycerol hydrogenolysis to 1,2-Propanediol over Ru/C Catalyst*". *Catalyst Communication* 12 (2010) 122-126 Elsevier B.V
- Brownell, L.E., and E.H. Young, 1959. *Process Equipment Design*, John Willey and Sons INC., New York
- Cahyaningrum, A., & Adam, F. F. (2017). Pembuatan 1,2 Propandiol Dari Gliserol Melalui Proses Hidrogenolisis Menggunakan Katalis Cu/Zno Dengan Metode Catalytic Transfer Hydrogenation. Surabaya: Departemen Teknik Kimis Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Coulson, J., & Richardson, J. (Ed: Vol 6). *Chemical Engineering Desing (R. K Sinnot)*.
- Firdaus, K. S. (2023). Pra Rancangan Pabrik *Propylene Glycol* dari *Glycerol* dengan kapasitas 50.000 Ton/ Tahun. Tangerang Selatan: Institut Teknologi Indonesia.
- Fowles, J. R. (2013). *A Toxicological Review of The Propylene Glycols*. *Critical Reviews in Toxicology*, 43(4), 363-390.
- Geankoplis, C. J. (1978). *Transport Processes and Unit Operations Third Edition*. USA, Mexico: Pretince-Hall International.
- Hanifah, F. N. (2023). *Prarancangan Pabrik Propilen Glikol (C<sub>3</sub>h<sub>8</sub>o<sub>2</sub>) Dari Propilen Oksida (C<sub>3</sub>h<sub>6</sub>o) Dan Air (H<sub>2</sub>o) Dengan Katalis Asam Sulfat (H<sub>2</sub>so<sub>4</sub>) Kapasitas 45.000 Ton/Tahun*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Idzati, E. M., Yudhistira, A. B., Kurniawansyah, F., & Ni'mah, H. (2020). Pra Desain Pabrik Propilen Glikol melalui Proses Hidrogenasi Gliserol. *Journal of Fundamentals and Aplplications of Chemical Engineering*, 01(02), 23-25.
- Jaelani, A. S. (2020). Pra Rancangan Pabrik *glycerol* Proses Hidroksilasi Dari Alil Alkohol Dan Hidrogen Peroksida Kapasitas 2.500 Ton/Tahun. (pp. 18-19). Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Kern D. Q and., 1950, *Process Heat Transfer*; Mc Graw Hill Fogukosa Ltd., Tokyo.

Lestari, P. A. (2023). *Laporan Tahunan 2023 Annual Repost*.

(Lumbagoal , Saragih, & Hasibuan, 2022) Use the "Insert Citation" button to add citations to this document.

Lanxi, Z. C. (2019). *Research on Hydrogenolysis of Glycerol To 1, 2-Propylene Glycol by Using Supported Raney-Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*. *China Petroleum Processing and Petrochemical Technology*, 21(2), 27-34.

Manglinao, R. L., & He, B. B. (2012). *Verification of Propylene Glycol Preparation from Glycerol via The Acetot Pathway by In Situ Hydrogenolysis*. *Biofuels*, 675-682.

Mc Cabe, L., Warren, Julian C. Smith and Peter Harriot. 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, Volume 5, Reinhold Publishing Cooperation, USA.

MSDS. (2015). *Hydrogen*, compressed, Lembar data dan Keselamatan Bahan.

No:F/CFR/1910 Rev.04. PT.Smart-LAB INDONESIA.

Nanda, M. R., Yuan, W. Q., & Xu, C. C. (2016). *Recent Advancements in Catalytic Conversion of Glycerol into Propylene Glycol. A Review Catalysis Reviews*, 58(3), 309-336.

Niko, N. (2023). *Pra-Rancangan Pabrik Propilen Glikol Dari Gliserol Dan Hidrogen Dengan Kapasitas 35.000 Ton/Tahun*. Tangerang Selatan: Institut Teknologi Indonesia.

Oko, S., Syahrir, I., & Irwan, M. (2018). *Pemanfaatan Katalis CaO Yang Diresapi KOH Dalam Produksi Biodiesel Dari Limbah Memasak Minyak*. *Internasional Jurnal Of Ilmiah & Teknologi Penelitian*, 147-156.

Paningo, H. T. (2022). *Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Propilen Glikol Dari Gliserol Menggunakan Proses Hidrogenolisis Dengan Kapasitas Produksi 61.000 Ton/Tahun*. Makassar: Universitas Bosowa.

Prasetyo, A. E., Widhi, A., & Widayat. (2012). *Potensi Gliserol Dalam Pembuatan Turunan Gliserol Melalui Proses Esterifikasi*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10(1), 26-31.

Powel, S. T. (1954). *Water Conditioning For Industry*. McGraw-Hill Company.

Perry, R. H. (1997). *Perry's Chemical Engineer's Handbook (7 th edition)*. McGraw-Hill Company.

- Peter, M. S., & Timmerhause, K. D. (1991). *Plant Desing For Chemical Engineers Fourth Edition*. Mexico: McGraw-Hill.
- Rastini, K. E., J., Auwalani, W., & Setiawati, N. A. (2016). Pembuatan Gliserol Tribenzoat Dari Gliserol (Hasil Samping Industri Biodiesel) Dengan Variasi Rasio Reaktan Dan Temperatur Reaksi. *Jurnal Teknik Kimia*, 31-35.
- Sharanda, M. V. (2015). *Two-Stage Conversion of Glycerol into Propylene Glycol over Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst*. *Chemistry and Chemical Technology*, 9(2), 171-174.
- Sitohang, L., Hakim, L., & Fikri, H. (2017). Pemanfaatan Limbah Kaleng Minuman Aluminium Untuk Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Katalis Kalium. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 55-67.
- Tan, H. W., A. R. Abdul Aziz dan M. K. Aroua. (2013), “*Glycerol Production and Its Applications as A Raw Material: A Review*”, *International Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews* 27, 118–127.
- Tarwaka. 2016., *Dasar-dasar Keselamatan Kerja serta Pencegahan Kecelakaan di Tempat Kerja*. Surakarta: Harapan Press.
- Timmerhaus, K. D., & Peters, M. S. (2004). *Plant desing and Economics for Chemical Enggineer 4 th Ed*. McGraw-Hill Inc: Singapur For Chemical Engineers.
- Ulrich, G. (1984). *A Guide To Chemical Engineering Process Design And Economics*. Univesity Of New Hampshire.
- Wahyuni, S., Hambali, E., & Marbun, B. T. (2016). Esterifikasi Gliserol Dan Asam Lemak Jauh Sawit Dengan Katalis Mesa. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 333-342.
- Walas, S. M. (1988). *Chemical Proses equipment selection and desing (H. Banner,Ed)*. USA.Inc.
- Yaws, C. (1999). *Chemical Properti Handbook, Physical, Thermoynamic, Enviromental, Transport, Safety, and Health Related Proper for Organic and Inorganic Chemicals*. United States Of America: Mc. Graw- Hills Companies.

