

**PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL ( $C_3H_8O_3$ ) DARI ALIL  
ALKOHOL ( $C_3H_6O$ ) DAN HIDROGEN PEROKSIDA ( $H_2O_2$ )  
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi (MD-301))**

**(Skripsi)**

**Oleh:**

**ESHA BUTIKA ANTIA K.I.  
NPM 1715041015**



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

**PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL ( $C_3H_8O_3$ ) DARI ALIL  
ALKOHOL ( $C_3H_6O$ ) DAN HIDROGEN PEROKSIDA ( $H_2O_2$ )  
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi (MD-301))**

**Oleh:**

**ESHA BUTIKA ANTIA K.I.**

**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 GLISEROL DARI ALIL ALKOHOL DAN HIDROGEN PEROKSIDA KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN (Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi (MD-301))

Oleh

**ESHA BUTIKA ANTIA K.I.**

Gliserol merupakan salah satu produk industri kimia yang saat ini sedang marak digunakan sebagai bahan baku pada industri pangan, farmasi, hingga kosmetik. Proses pembuatan gliserol yang umum digunakan adalah dengan mereaksikan bahan baku alil alkohol dan hidrogen peroksida dengan melewati beberapa proses diantaranya 1) Tahap pembentukan produk, 2) Tahap pemurnian produk, dan 3) Tahap penyimpanan produk. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem penyediaan *steam*, *cooling water*, dan sistem pembangkit tenaga listrik.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan 15.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di daerah Karawang Jawa barat. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 131 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Keuangan dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 216.921.824.120
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 38.280.321.903
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 255.202.146.024
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 40%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 25%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub>	= 2,32 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub>	= 3,74 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub>	= 28%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub>	= 22%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 29%

Mempertimbangkan rangkuman di atas, penulis menyimpulkan bahwa pabrik Gliserol ini dapat dikaji lebih lanjut karena mempunyai prospek yang baik.

Kata kunci: gliserol, alil alkohol, hidrogen peroksida

## ABSTRACT

### PRE-DESIGN OF A GLYCEROL FACTORY FROM ALLYL ALCOHOL AND HYDROGEN PEROXIDE WITH A CAPACITY OF 15,000 TONS/YEAR (Distillation Tower Design (MD-301))

By

**ESHA BUTIKA ANTIA K.I.**

Glycerol is a product of the chemical industry and is currently widely used as a raw material in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. Raw materials allyl alcohol and hydrogen peroxide by going through several processes, including 1) the product formation stage, 2) the product purification stage, and 3) the product storage stage. Provision of factory utility needs in the form of a water treatment and supply system, a steam supply system, cooling water, and a power generation system.

The factory's production capacity is planned to be 15,000 tons per year, with 330 working days in a year. The factory location is planned to be established in the Karawang area of West Java. The required workforce is 131 people in the form of a Limited Liability Company (PT) business entity led by a Main director, who is assisted by the Director of Production and the Director of finance, with a line and staff organizational structure.

From the economic analysis obtained:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 216.921.824.120
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 38.280.321.903
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 255.202.146.024
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 40%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 25%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub>	= 2,32 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub>	= 3,74 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub>	= 28%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub>	= 22%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 29%

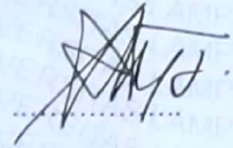
Considering the summary above, the authors conclude that this Glycerol factory can be studied further because it has good prospects.

Keyword: glycerol, allyl alcohol, hydrogen peroxide

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Azhar, M.T.**

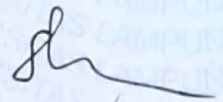


Sekretaris : **Dr. Herti Utami, S.T., M.T.**

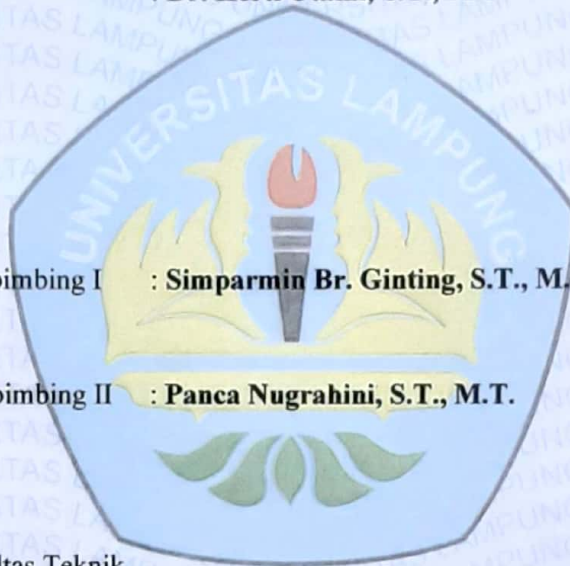
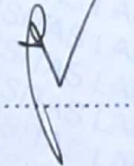


### Penguji

Bukan pembimbing I : **Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T.**



Bukan Pembimbing II : **Panca Nugrahini, S.T., M.T.**



### 2. Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

**NIP. 197509282001121002**

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 15 Juni 2023

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL ( $C_3H_8O_3$ )  
DARI ALIL ALKOHOL ( $C_3H_6O$ ) DAN  
HIDROGEN PEROKSIDA ( $H_2O_2$ )  
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN (Tugas Khusus  
Perancangan Menara Distilasi (MD-301))**

Nama Mahasiswa : Esha Butika Antia K.I.

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715041015

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik



Ir. Azhar, M.T.

**NIP. 196604011995011001**

Dr. Herti Utami, S.T., M.T.

**NIP. 197112192000032001**

2. Ketua Jurusan

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

**NIP. 197407122000032001**

## 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.

Bandarlampung, 27 Juli 2023



Esha Butika Antia K.I.

NPM. 1715041015

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandarlampung pada tanggal 20 Juli 1999 dengan nama Esha Butika Antia K.I., sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari Bapak Bambang Ismanto, S.Pd., M.M. dan Ibu Lisnaini, M.Pd.

Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Kartika II-7 Bandarlampung diselesaikan pada tahun 2005, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Kartika II-5 Bandarlampung pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Al-Kautsar diselesaikan pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 9 Bandarlampung diselesaikan pada 2017.

Tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Teknik Kimia Unila melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswi penulis aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) Universitas Lampung. Pada tahun 2021 penulis pernah melakukan penelitian di LIPI, Lampung Selatan dan melaksanakan kerja praktik di Pabrik Kelapa Sawit PTPN 7 Bekri, Lampung Tengah.



*“Long story short, it was a bad time.  
Long story short, I survived”*

## SANWACANA

Segala Puji bagi Allah, atas limpahan nikmat-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Prarancangan Pabrik Gliserol dari Alil Alkohol dan Hidrogen Peroksida Kapasitas 15.000 Ton/Tahun (Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi (MD-301)) ”**. Shalawat dan salam senantiasa dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan yang mampu membuka sesuatu yang terkunci, penutup dari semua yang terdahulu, penolong kebenaran dengan jalan yang benar, dan petunjuk kepada jalan-Mu yang lurus.

Laporan tugas akhir ini merupakan salah satu dari mata kuliah wajib yang harus ditempuh oleh mahasiswa sebagai syarat kelulusan Sarjana Teknik Kimia sesuai dengan dengan kurikulum pada Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada Kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan selamat hingga akhir.
2. Ayah dan Bunda yang selalu memberikan doa, motivasi, semangat, dan bantuan yang begitu melimpah dan tidak akan pernah bisa terhitung nilainya.
3. Adik yang selalu memberikan dukungan sehingga penulis terus semangat untuk memotivasi diri menjadi contoh kakak yang terus lebih baik.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia, D.E.A., I.P.M. selaku Rektor Universitas Lampung.

5. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmi Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
6. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. Kepala Jurusan Teknk Kimia Universitas Lampung.
7. Bapak Ir. Azhar, M.T. selaku pembimbing 1 tugas akhir dan pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan nasihat, arahan, dan bimbingannya bagi penulis dalam mempersiapkan diri menjadi seorang sarjana teknik.
8. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. selaku pembimbing 2 tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan pandangan kehidupan kepada penulis disetiap kesempatan dengan baik dan ramah.
9. Ibu Ibu Simparmin Br. G, S.T., M.T. selaku dosen penguji 1 yang telah memberikan kritik, saran serta masukan yang membangun kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
10. Ibu Panca Nugrahini, S.T., M.T. selaku dosen penguji 2 yang juga turut memberikan kritik dan masukan yang membangun untuk penulis.
11. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Kimia Unila dan dosen koordinator mata kuliah Tugas Akhir.
12. Segenap Dosen Jurusan Teknik Kimia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, wawasan, dan pengalaman bagi penulis.
13. Segenap staf Jurusan Teknik Kimia yang telah membantu penulis baik dalam hal administrasi dan hal lainnya.
14. Achmad Fariz Setiawan yang selalu memberikan bantuan, semangat dan dukungan kepada penulis tiada henti, terimakasih atas segala kebaikan dan kesabarannya.

15. Nazalni Ahzam sebagai partner dari segala partner, terimakasih untuk kerja sama yang sangat baik sejak tahun 2012 bahkan hingga saat ini.
16. Teman-teman mahasiswa Teknik Kimia Unila angkatan 2017 yang telah memberikan dukungan tiada henti.
17. Teman-teman dari “Skihi” dan “Laguna” yang telah memberikan dukungan semangat agar penulis tidak boleh menyerah dan berhenti berusaha.
18. Teman-teman SMP penulis yang selalu memberikan hiburan paling menarik setiap kali penulis sedang lelah.
19. Semua pihak yang turut membantu penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran konstruktif dari semua pihak demi kemajuan bersama. Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandarlampung, 27 Juli 2023

Esha Butika Antia K.I.

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xx
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Kegunaan Produk .....	2
1.3. Kapasitas Produksi .....	2
1.4. Ketersediaan Bahan Baku .....	5
1.5. Lokasi Pabrik.....	6
<b>II. PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES</b> .....	9
2.1. Tinjauan Proses .....	9
2.1.1. Gliserol dari Hidrolisis Epiklorohidrin .....	9
2.1.2. Gliserol dari Hidroksilasi Alil Alkohol.....	10
2.2. Seleksi Proses .....	11
2.2.1. Perhitungan Ekonomi Kasar Berdasarkan Bahan Baku.....	12
2.2.2. Tinjauan Termodinamika .....	19
2.3. Deskripsi Proses Pembuatan Gliserol.....	23
<b>III. BAHAN BAKU DAN PRODUK</b> .....	25
3.1. Deskripsi Bahan Baku .....	25
3.2. Sifat Produk.....	27
<b>IV. NERACA MASSA &amp; PANAS</b> .....	28
4.1. Neraca Massa .....	29
4.2. Neraca Panas .....	32

<b>V. SPESIFIKASI PERALATAN PROSES DAN UTILITAS</b> .....	36
5.1. Spesifikasi Peralatan Proses .....	36
5.2. Spesifikasi Peralatan Utilitas .....	62
<b>VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH</b> .....	97
6.1. Kebutuhan Air .....	97
6.2. Sistem Penyediaan <i>Steam</i> .....	112
6.3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik .....	113
6.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	113
6.5. Laboratorium .....	113
6.6. Pengolahan Limbah .....	120
<b>VII. TATA LETAK PABRIK</b> .....	122
7.1. Lokasi Pabrik .....	122
7.2. Tata Letak Pabrik .....	125
<b>VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN</b> .....	133
8.1. Bentuk Perusahaan .....	133
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan.....	136
8.3. Tugas Dan Wewenang .....	138
8.4. Status Karyawan Dan Sistem Penggajian.....	146
8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	147
8.6. Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan.....	149
8.7. Kesejahteraan Karyawan .....	155
<b>IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI</b> .....	158
9.1. Investasi .....	158
9.2. Evaluasi Ekonomi.....	165
9.3. Angsuran Pinjaman .....	167
9.4. Discounted Cash Flow (DCF) .....	168
<b>X. SIMPULAN DAN SARAN</b> .....	169

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>170</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 PERALATAN 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 KHUSUS PERANCANGAN.....</b>	<b>F-1</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1.</b> Industri yang membutuhkan gliserol .....	3
<b>Tabel 1.2.</b> Data Impor Gliserol di Indonesia .....	4
<b>Tabel 2.1.</b> Perbandingan Proses Pembuatan Gliserol .....	12
<b>Tabel 2.2.</b> Daftar Harga Bahan Baku dan Produk .....	13
<b>Tabel 2.3.</b> Berat Molekul dari Masing-Masing Bahan Baku dan Produk .....	13
<b>Tabel 2.4.</b> Daftar Harga Bahan Baku dan Produk .....	16
<b>Tabel 2.5.</b> Berat Molekul dari Masing-Masing Bahan Baku dan Produk .....	16
<b>Tabel 2.6.</b> Nilai $\Delta H^{\circ}_f$ dan $\Delta G^{\circ}_f$ Masing-Masing Komponen .....	20
<b>Tabel 2.7.</b> Nilai Konstanta A, B, C dan D Masing-Masing Komponen .....	21
<b>Tabel 4.1.</b> Neraca Massa Total Reaktor-201 .....	29
<b>Tabel 4.2.</b> Neraca Massa Total Menara Distilasi-301 .....	30
<b>Tabel 4.3.</b> Neraca Massa Total Menara Distilasi-302 .....	31
<b>Tabel 4.4.</b> Neraca Panas RE-201 .....	32
<b>Tabel 4.5.</b> Neraca Panas MD-301 .....	33
<b>Tabel 4.6.</b> Neraca Panas MD-302 .....	33
<b>Tabel 4.7.</b> Neraca Panas HE-101 .....	33
<b>Tabel 4.8.</b> Neraca Panas HE-102 .....	34
<b>Tabel 4.9.</b> Neraca Panas HE-301 .....	34
<b>Tabel 4.10.</b> Neraca Panas CO-301 .....	35
<b>Tabel 4.11.</b> Neraca Panas CO-302 .....	35
<b>Tabel 5.1.1.</b> Spesifikasi Storage Tank 101 (ST-101) .....	36
<b>Tabel 5.1.2.</b> Spesifikasi Storage Tank 102 (ST-102) .....	37
<b>Tabel 5.1.3.</b> Spesifikasi Storage Tank 401 (ST-401) .....	38
<b>Tabel 5.1.4.</b> Spesifikasi Storage Tank 402 (ST-402) .....	39
<b>Tabel 5.1.5.</b> Spesifikasi Reaktor (RE-201) .....	40
<b>Tabel 5.1.6.</b> Spesifikasi Tray .....	41
<b>Tabel 5.1.7.</b> Spesifikasi Menara Distilasi (MD-301) .....	42
<b>Tabel 5.1.8.</b> Spesifikasi Tray .....	43



<b>Tabel 5.1.9.</b> Spesifikasi Menara Distilasi (MD-302) .....	44
<b>Tabel 5.1.10.</b> Spesifikasi Reboiler (RB-301) .....	45
<b>Tabel 5.1.11.</b> Spesifikasi Reboiler (RB-302) .....	46
<b>Tabel 5.1.12.</b> Spesifikasi Condensor (CD-301).....	47
<b>Tabel 5.1.13.</b> Spesifikasi Condensor (CD-302).....	48
<b>Tabel 5.1.14.</b> Spesifikasi Accumulator (AC-301) .....	49
<b>Tabel 5.1.15.</b> Spesifikasi Accumulator 302 (AC-302).....	50
<b>Tabel 5.1.16.</b> Spesifikasi Heater (HE-101).....	51
<b>Tabel 5.1.17.</b> Spesifikasi Heater (HE-102).....	52
<b>Tabel 5.1.18.</b> Spesifikasi Heater (HE-301).....	53
<b>Tabel 5.1.19.</b> Spesifikasi Cooler (CO-301) .....	54
<b>Tabel 5.1.20</b> Spesifikasi Cooler (CO-302) .....	55
<b>Tabel 5.1.21.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-101) .....	56
<b>Tabel 5.1.22</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-102) .....	57
<b>Tabel 5.1.23.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-201) .....	58
<b>Tabel 5.1.24.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-301) .....	59
<b>Tabel 5.1.25.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-302) .....	60
<b>Tabel 5.1.26.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-303) .....	61
<b>Tabel 5.2.1.</b> Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS – 401).....	62
<b>Tabel 5.2.2.</b> Spesifikasi Tangki Alum (ST-401) .....	63
<b>Tabel 5.2.3</b> Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-402) .....	64
<b>Tabel 5.2.4.</b> Spesifikasi Tangki NaOH (ST-403).....	65
<b>Tabel 5.2.5.</b> Spesifikasi Tangki Air Filter (ST-404) .....	66
<b>Tabel 5.2.6.</b> Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-405).....	67
<b>Tabel 5.2.7.</b> Spesifikasi Tangki Dispersan (ST-406) .....	68
<b>Tabel 5.2.8.</b> Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-407) .....	69
<b>Tabel 5.2.9.</b> Spesifikasi Tangki Air Demin (ST-408) .....	70
<b>Tabel 5.2.10</b> Spesifikasi Hidrazin (ST-409).....	71
<b>Tabel 5.2.11.</b> Spesifikasi Clarifier (CL-401).....	72
<b>Tabel 5.2.12.</b> Spesifikasi Sand Filter (SF-401) .....	73
<b>Tabel 5.2.13.</b> Spesifikasi Hot Basin (HB-401).....	74
<b>Tabel 5.14.</b> Spesifikasi Cold Basin (CB-401) .....	74

<b>Tabel 5.2.15.</b> Spesifikasi Cooling Tower (CT-401).....	75
<b>Tabel 5.2.16.</b> Spesifikasi Cation Exchanger (CE-401).....	76
<b>Tabel 5.2.17.</b> Spesifikasi Cation Exchanger (AE-401) .....	77
<b>Tabel 5.2.18.</b> Spesifikasi Daerator (DA-501).....	78
<b>Tabel 5.2.19.</b> Spesifikasi Boiler (BO-501).....	79
<b>Tabel 5.2.20.</b> Spesifikasi Blower Steam (BS-501).....	79
<b>Tabel 5.2.21.</b> Spesifikasi Tangki Penyimpanan BBM (ST-601).....	80
<b>Tabel 5.2.22.</b> Spesifikasi Generator Set (GS-601) .....	81
<b>Tabel 5.2.23.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401) .....	81
<b>Tabel 5.2.24.</b> Pompa Utilitas (PU-402).....	82
<b>Tabel 5.2.25</b> Pompa Utilitas (PU-403) .....	83
<b>Tabel 5.2.26.</b> Pompa Utilitas (PU-404).....	84
<b>Tabel 5.2.27.</b> Pompa Utilitas (PU-405).....	85
<b>Tabel 5.2.28.</b> Pompa Utilitas (PU-406).....	86
<b>Tabel 5.2.29.</b> Pompa Utilitas (PU-407).....	87
<b>Tabel 5.2.30.</b> Pompa Utilitas (PU-408).....	88
<b>Tabel 5.2.31.</b> Pompa Utilitas (PU-409).....	89
<b>Tabel 5.2.32.</b> Pompa Utilitas (PU-410).....	90
<b>Tabel 5.2.33.</b> Pompa Utilitas (PU-411).....	91
<b>Tabel 5.2.34.</b> Pompa Utilitas (PU-412).....	92
<b>Tabel 5.2 35.</b> Pompa Utilitas (PU-413).....	93
<b>Tabel 5.2 36.</b> Pompa Utilitas (PU-414).....	94
<b>Tabel 5.2.37.</b> Pompa Utilitas (PU-415).....	95
<b>Tabel 5.2.38.</b> Pompa Utilitas (PU-416).....	96
<b>Tabel 6.2.</b> Kebutuhan Air Untuk Air Umpan Boiler.....	103
<b>Tabel 6.3.</b> Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian. ....	119
<b>Tabel 6.4.</b> Pengendalian Variabel Utama Proses.....	120
<b>Tabel 7.1.</b> Perincian Luas Area Pabrik Gliserol.....	127
<b>Tabel 8.1.</b> Jadwal Kerja Masing-Masing Regu.....	148
<b>Tabel 8.2.</b> Perincian Tingkat Pendidikan .....	149
<b>Tabel 8.3.</b> Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	151
<b>Tabel 8.4.</b> Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas.....	152

<b>Tabel 8.5.</b> Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	152
<b>Tabel 9.1.</b> Tabel Keseluruhan Ekonomi.....	159
<b>Tabel 9.2.</b> Manufacturing Cost.....	161
<b>Tabel 9.3.</b> General Expenses .....	162
<b>Tabel 9.4.</b> Biaya Administratif .....	163
<b>Tabel 9.5.</b> Minimum acceptable percent return on investment .....	165
<b>Tabel 9.6.</b> Acceptable payout time untuk tingkat resiko pabrik.....	166

**DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar 1.1.</b> Grafik Data Impor Gliserol di Indonesia .....	4
<b>Gambar 2.1.</b> Block Diagram Pembuatan Gliserol dari Alil Alkohol dan Hidrogen Peroksida .....	24
<b>Gambar 4.1.</b> Neraca Massa pada Reaktor-201 .....	29
<b>Gambar 4.2.</b> Neraca Massa Menara Distilasi-301 .....	30
<b>Gambar 4.3.</b> Neraca Massa Menara Distilasi-302 .....	31
<b>Gambar 7.1.</b> Peta Kab. Karawang .....	128
<b>Gambar 7.2.</b> Lokasi Pabrik .....	130
<b>Gambar 7.3.</b> Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung.....	131
<b>Gambar 7.4.</b> Tata letak alat proses .....	132
<b>Gambar 8.1.</b> Struktur Organisasi Perusahaan.....	137
<b>Gambar 9.1.</b> Grafik Analisis Ekonomi.....	167
<b>Gambar 9.2.</b> Grafik Cumulative Cash Flow .....	168

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam rangka Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN), pemerintah menitikberatkan pembangunan nasional untuk terus mengembangkan sektor industri. RPJP Nasional untuk tahun 2005 sampai dengan 2025 telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2007. Pembangunan industri diharapkan dapat mewujudkan kemandirian perekonomian nasional serta menaikkan pangsa pasar baik dalam negeri atau pun luar negeri. Dengan berbagai kebijakan yang telah diambil, pemerintah terus berupaya untuk menciptakan peluang bagi pertumbuhan industri,

Pembangunan industri kimia di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan kualitas maupun kuantitas baik industri yang menghasilkan bahan jadi maupun industri yang menghasilkan bahan setengah jadi. Pembangunan industri kimia untuk menghasilkan produk kimia ini sangatlah penting dengan harapan agar dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap industri luar negeri, menciptakan lapangan kerja bagi warga lokal, dan mendukung perkembangan industri serta ekspor.

Gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) merupakan salah satu bahan kimia yang banyak dibutuhkan dalam berbagai industri. Gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) digunakan secara luas pada berbagai industri kimia, seperti industri pangan, industri farmasi, serta

kosmetik. Tak hanya itu, gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) juga banyak dikembangkan dalam industri pembuatan bahan peledak, resin, dan tinta printer.

## 1.2. Kegunaan Produk

- a. Kegunaan gliserol dalam industri pangan:
  1. Zat pengental makanan
  2. Sebagai bahan pemanis makanan
  3. Sebagai bahan campuran untuk menjaga kelembutan dan kelembaban makanan
- b. Kegunaan gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) dalam industri farmasi:
  1. Sebagai bahan baku obat sulit BAB
  2. Campuran bahan baku obat untuk penyakit meningitis, stroke, dan infeksi telinga.
- c. Kegunaan gliserol dalam industri kosmetik:
  1. Pelembab kulit
  2. Melindungi kulit dari peradangan

## 1.3. Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas pabrik ini adalah dengan memperhatikan segi teknis, finansial dan ekonomis. Bahan baku yang digunakan adalah Alil Alkohol ( $C_3H_6O$ ) yang didapatkan dari PT Daicel Chemical Industries, Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ) didapatkan dari PT Degussa Peroksida Indonesia, dan katalis yang digunakan adalah Tungstic Acid ( $H_2WO_4$ ) yang didapatkan dari PT Panda Mas Kimia Abadi.

Berikut merupakan beberapa perusahaan dalam negeri yang membutuhkan gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) dalam proses pengolahannya.

**Tabel 1.1.** Industri yang membutuhkan gliserol

<b>No</b>	<b>Nama Perusahaan</b>	<b>Jenis Industri</b>	<b>Lokasi Pabrik</b>	<b>Keb. Gliserol (ton/tahun)</b>
1.	PT Reckit Benckiser	Pembuatan sabun dan handsanitizer	Bogor, Jawa Barat	4.240
2.	PT Unilever Indonesia	Pembuatan sabun batang	Bekasi, Jawa Barat	18.700
3	PT Boehringer Ingelheim	Pembuatan obat suppositoria	Bogor, Jawa Barat	1.240
4.	PT Paragon Teknologi and Innovation	Pembuatan pelembab wajah	Tangerang	1.425
Total				25.605

Berdasarkan data impor Badan Pusat Statistik, kebutuhan gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) di Indonesia dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut:

**Tabel 1.2.** Data Impor Gliserol di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (ton/tahun)
2016	9.820
2017	12.756
2018	14.368
2019	14.634
2020	16.281

(Sumber: BPS, 2021)

**Gambar 1.1.** Grafik Data Impor Gliserol di Indonesia

Kebutuhan impor pada tahun 2025 dapat diasumsikan berdasarkan pada persamaan linear yang telah didapatkan, yaitu  $y = 1.470x - 2.952.878.2$  adalah sebesar 23.266 ton/tahun. Sehingga perkiraan kebutuhan impor gliserol pada tahun 2025 adalah sebesar 23.266 ton/tahun. Dari hasil perhitungan tersebut maka direncanakan pabrik akan dibangun dengan



kapasitas kebutuhan impor di Indonesia yaitu sebesar 15.000 ton/tahun dengan pertimbangan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan gliserol di dalam negeri.
2. Telah adanya pabrik yang memproduksi gliserol di Indonesia oleh PT Musim Mas dengan kapasitas per tahun sebesar 15.000 ton/tahun.
3. Mengurangi devisa negara karena berkurangnya impor gliserol.
4. Jika memungkinkan dapat dilakukan ekspor gliserol setidaknya sekitar 5000 ton/tahun sehingga diharapkan dapat meningkatkan pendapatan negara.
5. Mendorong tumbuhnya industri yang menggunakan gliserol sebagai bahan baku mengingat banyaknya manfaat & kegunaan gliserol.
6. Membuka lapangan kerja baru sehingga mampu menyelesaikan masalah ketenagakerjaan.

#### **1.4. Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) adalah alil alkohol ( $C_3H_6O$ ) dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ). Bahan baku ini diperoleh dari PT Daicel Chemical Industries dengan ketersediaan bahan baku pertahunnya bisa mencapai 500.000 ton/tahun. Kemudian untuk bahan baku hidrogen peroksida dapat diperoleh dari PT Degussa Peroksida Indonesia. Selain itu, proses pembuatan gliserol ini juga membutuhkan katalis *Tungstic Acid* ( $H_2WO_4$ ) yang didapatkan dari PT Panda Mas Kimia Abadi. Dipilihnya bahan baku ini dikarenakan:

- 1) Proses pembuatan gliserol dari alil alkohol ( $C_3H_6O$ ) dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) lebih mudah dan sederhana.
- 2) Kemurnian gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) yang didapatkan lebih besar.
- 3) Bahan baku tidak berbahaya dan mudah meledak.

### **1.5. Lokasi Pabrik**

Pemilihan yang tepat memberikan kontribusi yang penting, karena lokasi suatu pabrik akan mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan dan penentuan kelangsungan produksinya. Dengan memerhatikan beberapa faktor dibawah ini, lokasi industri kimia gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) dipilih di daerah Karawang, Jawa Barat.

#### **1. Transportasi dan Penyediaan Bahan Baku**

Pemilihan lokasi strategis untuk pembangunan pabrik ini adalah dengan menitikberatkan pada kemudahan transportasi dan distribusi bahan baku serta distribusi produk. Terkait keberlangsungan ketersediaan seluruh bahan baku ini dapat dilakukan dengan melakukan kontrak kerjasama antar kedua belah pihak. Karawang merupakan daerah yang mudah dijangkau baik melalui transportasi darat mau pun laut. Kemudahan dalam transportasi menjadikan salah satu kekuatan pabrik ini karena dapat membuka peluang untuk memperluas jaringan pemasaran dan perdagangan antar pulau, kota, mau pun negara.

## 2. Penyediaan Listrik dan Bahan Bakar

Penyediaan kebutuhan listrik direncanakan akan disuplai secara eksternal melalui PLN Jawa Barat guna menjamin kelancaran penyediaan tenaga listrik. Untuk kebutuhan bahan bakar, dapat diperoleh dari PT Pertamina Refinery Unit VI Balongan, Indramayu, Jawa Barat.

## 3. Penyediaan Air

Penentuan lokasi pabrik ini tidak lepas dari pertimbangan ketersediaannya air yang cukup di sekitaran pabrik. Dipilihnya lokasi Karawang, Jawa Barat karena dengan dengan sumber mata air Sungai Citarum dan Waduk Jatiluhur, Jawa Barat.

## 4. Pemasaran Produk

Pemasaran produk diharapkan akan mudah terbuka jalannya karena Karawang berada di daerah industri yang merupakan pusat perdagangan Indonesia dimana tidak sedikit industri-industri lain yang memerlukan gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) dalam jumlah banyak sebagai bahan baku.

## 5. Karakteristik Lokasi

Daerah Karawang, Jawa Barat sangat berpotensi dan memiliki peluang besar untuk menjadi daerah industri karena daerahnya masih banyak memiliki lahan kosong yang luas untuk membangun sebuah

pabrik. Selain itu, hal ini juga didukung dengan kontur tanah di Jawa Barat yang cenderung datar sehingga sangat cocok menjadi wilayah industri.

#### 6. Kebutuhan Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja cukup tinggi di Pulau Jawa, khususnya Jawa Barat. Diharapkan dengan didirikannya pabrik gliserol akan mampu menyerap tenaga kerja dan menunjang program pemerintah untuk mengurangi pengangguran.

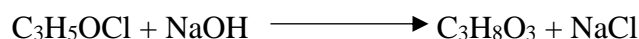
## II. PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES

### 2.1. Tinjauan Proses

Untuk memproduksi gliserol, dua jenis tipe proses yang harus ditentukan terlebih dahulu. Kedua proses yang harus ditentukan tersebut merupakan proses dengan konversi tertinggi dibandingkan dengan metode yang lain. Dua proses tersebut diantaranya:

#### 2.1.1. Gliserol dari Hidrolisis Epiklorohidrin

Reaksi utama:



Epiklorohidrin dihidrolisis ke glycerol pada suhu 80- 200°C dengan 10-15% larutan *sodium hydroxide* atau *sodium carbonate* pada tekanan *atmospheris* atau lebih tinggi. Waktu tinggal dalam satu atau beberapa reaktor yang bekerja secara kontinyu adalah beberapa menit atau beberapa jam tergantung pada pabrik bersangkutan. Konversi untuk larutan encer gliserol sekitar 85%..

Proses reaksi hidrolisis antara epiklorohidrin dengan sodium hidroksida dijalankan pada suhu 95°C tanpa katalisator. Reaksi bersifat eksotermis, sehingga untuk menjaga suhu reaksi tetap sebesar 95°C diperlukan air pendingin untuk mengambil panas reaksi yang timbul.

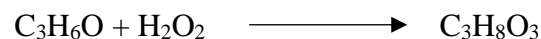
Menurut US Patent No.2838574 dan Faih-Keyes, 1975; proses dapat dilakukan dengan menggunakan *Continuous Stirred-Tank*

*Reactor* (CSTR). Pada saat proses pemurnian hasil untuk memisahkan gliserol dari larutan NaCl, maka diberikan penambahan senyawa isopropil alkohol yang bertindak sebagai *solvent* bagi gliserol, Dengan penambahan isopropil alkohol, maka gliserol akan larut ke dalamnya sehingga larutan garam dapat dipisahkan dari gliserol tanpa banyak gliserol yang terikut larutan garam. Diharapkan kelarutan NaCl yang masih besar akan jadi berkurang, sehingga semuanya dapat dipisahkan dari campurannya dengan gliserol

Setelah itu, larutan akan langsung dipisahkan di *Centrifuge*. Dilakukannya pemisahan menggunakan *Centrifuge* karena masih banyak terdapat kandungan NaCl dalam fase larutan yang akhirnya diperlukan pemisahan lebih lanjut terhadap gliserol. Akan ada dua keluaran dari *Centrifuge*, yaitu larutan gliserol yang akan diumpankan kembali ke dalam menara distilasi dan larutan NaCl yang akan dibawa ke UPL.

### 2.1.2. Gliserol dari Hidroksilasi Alil Alkohol

Reaksi utama:



Proses reaksi yang terjadi antara alil alkohol dan hidrogen peroksida menjadi gliserol. Proses dilakukan dalam reaktor CSTR yang dioperasikan pada fase cair dengan tekanan 1 atm dan suhu reaksi 60°C (isothermal).

Pada proses ini juga menggunakan katalis dalam reaksi untuk mempercepat laju reaksi bergeser ke kanan.

Proses ini mengacu pada US Patent 2,838,575 dan Akyalcin, Sema. 2013. "*Kinetic Study of Glucerosol Chemical Production*".

## **2.2. Seleksi Proses**

Dari dua proses yang telah dipaparkan di atas, dilakukan analisa perbandingan antara proses pembuatan gliserol dari propilen melalui alil klorida dan pembuatan gliserol dari hidroksilasi alil alkohol. Tabel di bawah ini menunjukkan perbandingan proses yang terjadi pada kedua proses tersebut.

**Tabel 2.1.** Perbandingan Proses Pembuatan Gliserol

<b>Uraian</b>	<b>Gliserol dari Hidrolisis Epiklorohidrin</b>	<b>Gliserol dari Hidroksilasi Alil Alkohol</b>
Kondisi Operasi:		
1. Suhu	1. 95°C	1. 60°C
2. Tekanan	2. 1 atm	2. 1 atm
Konversi Hasil	80%	84.4%
Bahan Baku	1. Bahan baku yang digunakan ada yang beracun (C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> OCl) 2. Bahan baku lebih mahal	1. Bahan baku yang digunakan cenderung lebih aman 2. Bahan baku lebih murah

### 2.2.1. Perhitungan Ekonomi Kasar Berdasarkan Bahan Baku

#### Skema 1

Tabel 2.2. di bawah ini menampilkan daftar bahan baku untuk produksi gliserol beserta harga untuk tiap bahan baku dan produknya.



**Tabel 2.2.** Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

Bahan Baku	Harga/kg (Rp)
Alil Alkohol 99%	8.000
Hidrogen Peroksida 35%	9.200
Gliserol	40.000

Berikut merupakan tabel dari Berat Molekul masing-masing bahan baku dan produk:

**Tabel 2.3.** Berat Molekul dari Masing-Masing Bahan Baku dan Produk

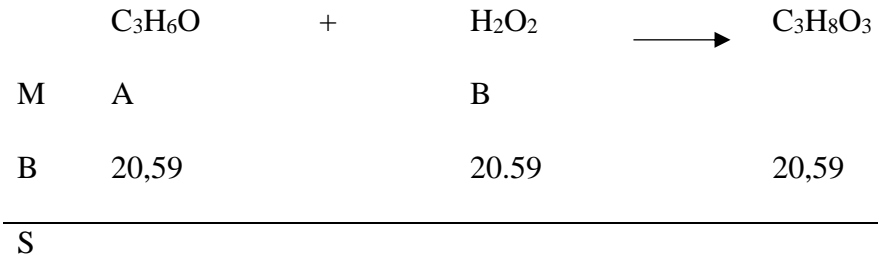
Senyawa	Berat Molekul (g/mol)
$C_3H_6O$	58
$H_2O_2$	34
$C_3H_8O_3$	92

Reaksi:



$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Produksi} &= 15.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 15.000.000 \text{ kg/tahun} \\ &= 45.454,55 \text{ kg/tahun} \\ &= 1893,94 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} nC_3H_8O_3 &= m/BM \\ &= 1893,94/92 \\ &= 20,59 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$



Konversi produk = 84.4% total bahan baku

$$A = \frac{\text{mol bereaksi}}{\text{konversi produk}}$$

$$= \frac{20,59}{84.4\%} = 24,391 \text{ kmol/jam}$$

$$m_{C_3H_6O} = A \times BM$$

$$= 24,391 \text{ kmol/jam} \times 58$$

$$= 1.414,689 \text{ kg/jam}$$

$$B = \frac{\text{mol bereaksi}}{\text{konversi produk}}$$

$$= \frac{20,59}{84.4\%} = 24,391 \text{ kmol/jam}$$

$$m_{H_2O_2} = B \times BM$$

$$= 24,391 \text{ kmol/jam} \times 34$$

$$= 829,306 \text{ kg/jam}$$

$$m_{H_2O \text{ dalam } C_3H_6O} = \frac{m_{C_3H_6O}}{\% \text{ kemurnian}} \times (100\% - \text{kemurnian})$$

$$= 14,289 \text{ kg/jam}$$

$$m_{H_2O \text{ dalam } H_2O_2} = \frac{m_{H_2O_2}}{\% \text{ kemurnian}} \times (100\% - \text{kemurnian})$$

$$= 1.540,139 \text{ kg/jam}$$

$$m_{H_2O \text{ total}} = 14,289 \text{ kg/jam} + 14,289 \text{ kg/jam}$$

$$= 1.554,429 \text{ kg/jam}$$

Weight feed per tahun

-  $C_3H_6O$  = 11.317.585 kg/tahun

-  $H_2O_2$  = 18.766.006 kg/tahun

Harga Beli Bahan Baku/tahun =

-  $C_3H_6O$  = Rp 90.540.683.988

-  $H_2O_2$  = Rp 172.647.257.955

Total = Rp 265.883.431.768

Perkiraan Biaya Transportasi = Harga Bahan Baku/tahun x 10%

-  $C_3H_6O$  = Rp 9.054.068.399

-  $H_2O_2$  = Rp 17.264.725.796

Total = Rp 26.588.343.177

Harga Jual Produk/tahun = Rp 40.000 x 15.000.000 kg/tahun

= Rp 600.000.000.000

Keuntungan per tahun = Rp 600.000.000.000 – Rp 265.883.431.768

– Rp 26.588.343.177

= Rp 457.528.225.055

**Skema 2**

Tabel 2.4. di bawah ini menampilkan daftar bahan baku untuk produksi gliserol beserta harga untuk tiap bahan baku dan produknya.

**Tabel 2.4.** Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

<b>Bahan Baku</b>	<b>Harga/kg (Rp)</b>
Epiklorohidrin	61.000
NaOH	7.000
Gliserol	80.000
NaCl	6.600

Berikut merupakan tabel dari Berat Molekul masing-masing bahan baku dan produk:

**Tabel 2.5.** Berat Molekul dari Masing-Masing Bahan Baku dan Produk

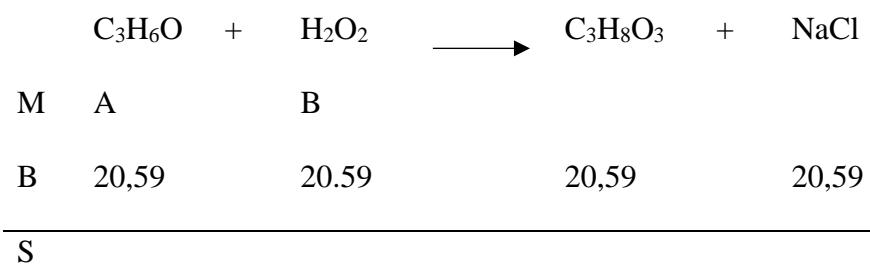
<b>Senyawa</b>	<b>Berat Molekul (g/mol)</b>
$C_3H_5OCl$	92,5
NaOH	40
$C_3H_8O_3$	92
NaCl	58,4

Reaksi:



$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Produksi} &= 15.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 15.000.000 \text{ kg/tahun} \\ &= 45.454,55 \text{ kg/tahun} \\ &= 1893,94 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 &= m/\text{BM} \\ &= 1893,94/92 \\ &= 20,59 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$



$$\text{Konversi produk} = 80\% \text{ total bahan baku}$$

$$\begin{aligned} \text{A} &= \frac{\text{mol bereaksi}}{\text{konversi produk}} \\ &= \frac{20,59}{80\%} = 25,73 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m\text{C}_3\text{H}_5\text{OCl} &= \text{A} \times \text{BM} \\ &= 2.380,29 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\text{B} = \frac{\text{mol bereaksi}}{\text{konversi produk}}$$

	$= \frac{20,59}{80\%} = 25,73 \text{ kmol/jam}$
mNaOH	$= B \times BM$
	$= 1.029 \text{ kg/jam}$
mH <sub>2</sub> O dalam C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> OCl	$= \frac{mC_3H_5OCl}{\%kemurnian} \times (100\% - \text{kemurnian})$
	$= 48,58 \text{ kg/jam}$
mH <sub>2</sub> O dalam NaOH	$= \frac{mNaOH}{\%kemurnian} \times (100\% - \text{kemurnian})$
	$= 1.543,97 \text{ kg/jam}$
mH <sub>2</sub> O total	$= 1.592 \text{ kg/jam}$
Weight feed per tahun	$=$
- C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> OCl	$= 18.851.902 \text{ kg/tahun}$
- NaOH	$= 8.152.174 \text{ kg/tahun}$
Harga Beli Bahan Baku/tahun	$=$
- C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> OCl	$= \text{Rp } 1.149.966.032.609$
- NaOH	$= \text{Rp } 57.065.217.391$
Total	$= \text{Rp } 1.207.031.250.000$
Harga Jual Produk/tahun	
- Gliserol	$= \text{Rp } 80.000 \times 15.000.000 \text{ kg/tahun}$
	$= \text{Rp } 1.200.000.000.000$
- NaCl	$= \text{Rp } 6.600 \times (\text{Kap prod}/80\%) \times 20\%$
	$= \text{Rp } 24.750.000.000$

Total	= Rp 1.224.750.000.000
Keuntungan per tahun	= Rp 17.718.750.000

### 2.2.2. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui bagaimana sifat reaksi apakah endotermis atau eksotermis dan arah reaksi apakah *reversible* atau *irreversible*. Terdapat dua acara dalam pembuatan gliserol yaitu menggunakan propilena lewat alil klorida dan alil alkohol dengan hidrogen peroksida.

Setelah membandingkan dari dua reaksi dan perhitungan ekonomi kasar di atas, dalam merancang pabrik ini digunakan metode pembuatan gliserol dari alil alkohol dengan hidrogen peroksida.

Penentuan sifat reaksi dan arah reaksi tersebut didapatkan dari perhitungan panas pembentukan standar ( $\Delta H^{\circ}_f$ ) dan energi bebas gibbs ( $\Delta G^{\circ}_f$ ). Nilai  $\Delta H^{\circ}_f$  dan  $\Delta G^{\circ}_f$  untuk masing-masing komponen pada suhu 298,15 K dapat dilihat pada table berikut:

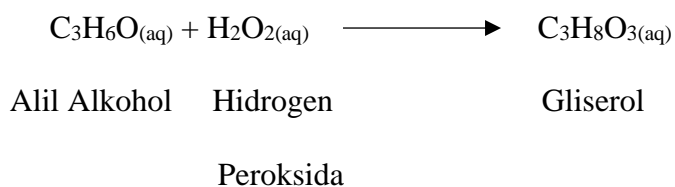
**Tabel 2.6.** Nilai  $\Delta H_f^\circ$  dan  $\Delta G_f^\circ$  Masing-Masing Komponen

Komponen	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol)
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O (Alil Alkohol)	-131,8 <sup>(1)</sup>	-71,30 <sup>(1)</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (Hidrogen Peroksida)	-187,341 <sup>(2)</sup>	-120,42 <sup>(2)</sup>
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> (Gliserol)	-668,60 <sup>(3)</sup>	-438,52 <sup>(3)</sup>

(Sumber: <sup>(1)</sup>Lewis R.(2004), <sup>(2)</sup>B. Ruscic (2005),

<sup>(3)</sup>[Parks, G.S](#), et al(1952))

Reaksi:



$$\begin{aligned}
 \Delta H^\circ_0 &= (\Delta H^\circ_f \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) - (\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{O}_2 + \Delta H^\circ_f \text{C}_3\text{H}_6\text{O}) \\
 &= (-668,60) - (-187,341 - 131,8) \\
 &= -349,459 \text{ kJ/mol (Eksoterm)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^\circ_0 &= (\Delta G^\circ_f \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) - (\Delta G^\circ_f \text{H}_2\text{O}_2 + \Delta G^\circ_f \text{C}_3\text{H}_6\text{O}) \\
 &= (-438,52) - (-120,42 - 71,30) \\
 &= -246,8 \text{ kJ/mol (Reaksi Spontan)}
 \end{aligned}$$



**Tabel 2.7.** Nilai Konstanta A, B, C dan D Masing-Masing Komponen

Komponen	A	B	C	D
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O (Alil Alkohol)	-1,105	0,31464	-0,0002032	0,000000053214
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (Hidrogen Peroksida)	-15,248	0,67693	-0,0014948	0,0000012018
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> (Gliserol)	132,145	0,86007	-0,0019745	-0,0000018068

(Sumber: Yaws, C. L, 1995)

$\Delta H^\circ$  dan  $\Delta G^\circ$  pada suhu operasi yaitu 60°C (333 K) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_0 + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_P}{R} dT$$

(Smith, 2001 pers. 4.18, hal. 131)

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_P}{R} dT = \Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

(Smith, 2001 pers. 4.21, hal. 132)

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ_0 - \frac{T}{T_0}(\Delta H^\circ_0 - \Delta G^\circ) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_P}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_P}{R} \frac{dT}{T}$$

(Smith, 2001 pers. 3.18, hal. 461)

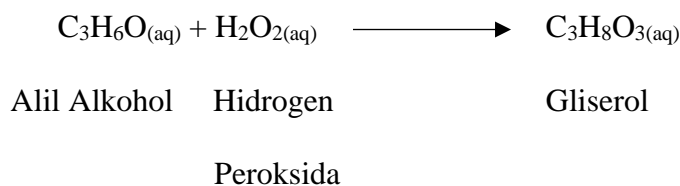
$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_P}{R} \frac{dT}{T} = \Delta A \ln \tau + \left[ \Delta B T_0 + \left( \Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2} \right) \left( \frac{\tau + 1}{2} \right) \right] (\tau - 1)$$

Dimana,

$$\tau = \frac{T}{T_0}$$

(Smith, 2001 pers. 3.19, hal. 461)

Reaksi:



$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{333} &= \Delta H^\circ_0 + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_P}{R} dT \\ &= -349,459 \text{ kJ/mol} + 36,85 \text{ kJ/mol} \\ &= -312,62 \text{ kJ/mol} \text{ (**Eksotermis**)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{333} &= \Delta H^\circ_0 - \frac{T}{T_0} (\Delta H^\circ_0 - \Delta G^\circ_0) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_P}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_P}{R} \frac{dT}{T} \\ &= (-349,459 \text{ kJ/mol}) - (1,12) (-102,659) + \\ &\quad (36,85 - (-19,426)) \\ &= -178,52 \text{ kJ/mol} \text{ (**Reaksi Spontan**)} \end{aligned}$$

Dalam perancangan pabrik gliserol, proses produksi yang dipilih haruslah proses yang paling menguntungkan, baik itu ditinjau dari segi teknik maupun segi ekonomi. Setelah disajikan beberapa perbandingan dan parameter di atas, maka proses yang dipilih adalah “Proses Pembuatan Gliserol dari Hidroksilasi Alil Alkohol” Pertimbangan dipilihnya proses ini

adalah karena bahan baku yang digunakan cenderung lebih mudah didapatkan, lebih aman, dan harga yang jauh lebih ekonomis.

### 2.3. Deskripsi Proses Pembuatan Gliserol

#### a. Proses Pembentukan Produk

Tahap pembentukan produk ini dilakukan dengan mereaksikan alil alkohol dengan hidrogen peroksida membentuk dengan bantuan katalis *tungstic acid* untuk menghasilkan gliserol sebagai produk utama menggunakan reaktor.

Alil alkohol dari tangki penyimpanan 1 dan hidrogen peroksida dari tangki penyimpanan 2 diumpankan menuju reaktor. Katalis  $H_2WO_4$  dari silo diumpankan menuju bagian atas Reaktor yang dioperasikan pada suhu  $60^\circ C$  tekanan 1 atm.

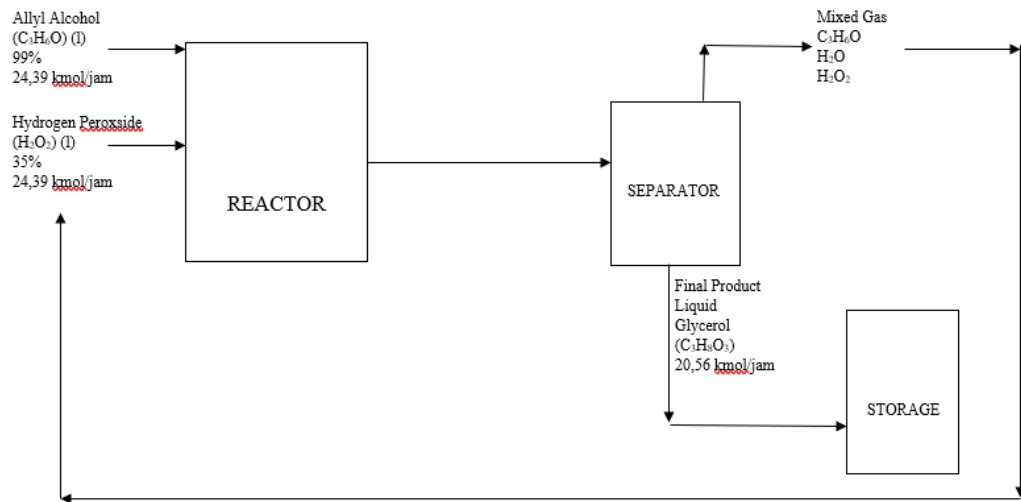
#### b. Tahap Pemurnian Produk

Hasil reaksi pada Reaktor kemudian diumpakan menuju alat pemisahan padat-cair untuk memisahkan katalis  $H_2WO_4$  dari hasil reaksi. Setelah dilakukan pemisahan padat-cair, keluaran berupa padatan akan di-*recycle* untuk digunakan kembali. Untuk keluaran berupa larutan cairan gliserol dialirkan untuk dilakukan pemisahan cair-cair.

Dilakukannya pemisahan cair-cair adalah untuk untuk memurnikan gliserol sehingga hampir sebagian besar air dan alil alkohol dapat dipisahkan. Kemurnian produk gliserol yang diinginkan adalah sebesar 99,9%.

Untuk lebih jelasnya, *block diagram* dapat dilihat dibawah ini:

## GLYCEROL FROM ALLYL ALCOHOL AND HYDROGEN PEROXIDE



**Gambar 2.1.** *Block Diagram* Pembuatan Gliserol dari Alil Alkohol dan Hidrogen Peroksida

### III. BAHAN BAKU DAN PRODUK

#### 3.1. Deskripsi Bahan Baku

##### 1. Alil Alkohol

- a. Rumus senyawa :  $C_3H_6O$
- b. Berat molekul : 58 g/mol
- c. Wujud pada suhu kamar : Cair
- d. Titik didih :  $96,90^{\circ}C$
- e. Titik beku :  $-129^{\circ}C$
- f. Densitas : 0,854 kg/L

(Perry, 1997)

- g. Viskositas : 0,55 cP
- h. Kemurnian : 99%
- i. Impurities : H<sub>2</sub>O 1%

(Kirk and Othmer, 1998)

- j. Kapasitas panas, K : 49,8 kal/grmol<sup>o</sup>K

(Yaws, 1999)

##### 2. Hidrogen Peroksida

- a. Rumus molekul :  $H_2O_2$
- b. Berat molekul : 34 g/mol
- c. Wujud pada suhu kamar : Cair
- d. Titik didih :  $150,2^{\circ}C$
- e. Titik beku :  $-0,43^{\circ}C$

f. Densitas : 1,11 kg/L

(Perry, 1997)

g. Viskositas 30°C : 0,874 cP

h. Kemurnian : 35%

(Kirk and Othmer, 1998)

i. Kapasitas panas : 2,619 J/grmol°K

(Yaws, 1999)

### 3. Air

a. Rumus molekul : H<sub>2</sub>O

b. Berat molekul : 18 g/mol

c. Wujud pada suhu kamar : Cair

d. Titik didih (1 atm) : 100 °C

e. Titik beku : 0 °C

### 3.2. Sifat Produk

#### 1. Gliserol

- a. Rumus molekul :  $C_3H_8O_3$
- b. Berat molekul : 92 g/mol
- c. Wujud pada suhu kamar : Cair
- d. Titik didih :  $290^{\circ}C$
- e. Titik Beku :  $17,9^{\circ}C$
- f. Densitas : 1,26 kg/L

(Perry,1997)

- g. Viskositas : 80 cP

(Kirk and Othmer, 1998)

- h. Kapasitas panas : 124,995 kal/grmol $^{\circ}K$

(Yaws, 1999)

## **X. SIMPULAN DAN SARAN**

### **A. Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap prarancangan pabrik gliserol dari alil alkohol dan hidrogen peroksida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Return on Investment* (ROI) sebesar 22%
2. *Payback Period* (PBP) selama 2,74 tahun
3. *Break Event Point* (BEP) sebesar 40%
4. *Shut Down Point* sebesar (SDP) sebesar 25%

### **B. Saran**

Pabrik gliserol sebaiknya didirikan secepat mungkin mengingat masih banyaknya kebutuhan gliserol di dalam negeri yang belum terpenuhi dan jumlah kompetitor yang sangat sedikit sehingga dapat menguasai pangsa pasar di Indonesia.



## DAFTAR PUSTAKA

Bachus, L and Custodio, A. 2003. *Know and Understand Centrifugal Pumps*.

Bachus Company, Inc. Oxford: UK.

Badan Pusat Statistik, 2017, *Statistic Indonesia*, [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id), Indonesia. Diakses

10 Desember 2017.

Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical*

*Engineering*. McGraw Hill : New York.

Bank Indonesia. 2015. *Nilai Kurs*. [www.bi.go.id](http://www.bi.go.id). Diakses 13 September 2018

Brown. G. George., 1950, *Unit Operation 6<sup>ed</sup>*, Wiley&Sons, USA.

Brownell. L. E. and Young. E. H., 1959, *Process Equipment Design 3<sup>ed</sup>*, John Wiley

& Sons, New York.

Cepci. 2015. *Index*. [www.chemengonline.com](http://www.chemengonline.com). Diakses 13 September 2018.

Coulson. J. M. and Ricardson. J. F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon

Press Inc, New York.

Coulson J.M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4<sup>th</sup> edition*.

Butterworth-Heinemann : Washington.

*Data Sheet Amberjet 4200 Resin*. 2018. *Dow Chemical*

Degremont. 1991. *Water Treatment Handbook. Sixth Edition*. Lavoisier. France.

- Dye, Robert Fulton. 2001. *Ethylene Glycols Technology*. *KoreanJ. Chem. Eng.*, 18(5), 571-579. Sugar Land, USA.
- Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering* 4<sup>th</sup> edition. Prentice Hall International Inc. : United States of America.
- Geankoplis. Christie. J., 1993, *Transport Processes and unit Operation* 3<sup>th</sup> <sup>ed</sup>, Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Himmeblau. David., 1996, *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Hugot, E. 1986. *Handbook of Cane Sugar Engineering*. New York: Elsevier Science Publishing Company INC.
- Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Co.: New York.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F., 1990, “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, 3<sup>rd</sup>., John Wiley and Sons Inc., New York.
- Levenspiel. O., 1972, *Chemical Reaction Engineering* 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley and Sons Inc, New York.
- McCabe. W. L. and Smith. J. C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.
- McKetta. John. J., 1984. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. Universitas Michigan, Michigan.
- Megyesy. E. F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.

Metcalf and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Perry. R. H. and Green. D., 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook 7<sup>th</sup> ed*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill : New York.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill : New York.

Peter. M. S. and Timmerhause. K. D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3<sup>ed</sup>*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Powell, S. T., 1954, "Water Conditioning for Industry", McGraw Hill Book Company, New York.

PT. Polychem Indonesia Tbk., 2016. Laporan Tahunan 2016 *Annual Report*. Jakarta.

Rase.1977.*Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1<sup>st</sup>, Principles and Techniques*.John Wiley and Sons : New York

Rebsdatt, S., and Mayer D., 2011. *Ethylene Glycol. Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry*.

Smith. J. M. and Van Ness. H. C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3<sup>ed</sup>*, McGraw-Hill Inc, New York.

Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> edition*. McGraw Hill : New York.

Syamiazi, Fauzi D. N., Saifullah, dan Indaryanto, Forcep R., 2015. Kualitas Air di Waduk Nadra Kerenceng Kota Cilegon Provinsi Banten. *Jurnal Akuatika* Vol. VI, No. 2 (161-169). ISSN 0853-2532.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3<sup>th</sup> edition*. McGraww-Hill Book Company: New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5<sup>th</sup> edition*. McGraw-Hill : New York.

Treyball. R. E., 1983, *Mass Transfer Operation 3<sup>ed</sup>*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Ulrich. G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.

United States Patent No. 4,400,559., “*Process For Preparing Ethylene Glycol*”.

United States Patent No. 6,156,942., “*Catalyst Stabilizing Additive In The Hydrolysis Of Alkylene Oxides*”.

Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann : Washington.