

**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 *Continuous Stirred Tank Reactor* (RE-201))**

**(Skripsi)**

**Oleh:**

**NAZALNI AHZAM  
1755041007**



**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 *Continuous Stirred Tank Reactor* (RE-201))**

**Oleh:**

**NAZALNI AHZAM**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mrncapai 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 *Continuous Stirred Tank Reactor (RE-201)*)

Oleh

NAZALNI AHZAM

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 (Continuous Stirred Tank Reactor Design (RE-201))

By

NAZALNI AHZAM

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

Judul Skripsi : **Prarancangan Pabrik Gliserol Dari Alil Alkohol Dan Hidrogen Peroksida Dengan Kapasitas 15.000 Ton/Tahun (Tugas Khusus Perancangan *Continuous Stirred Tank Reactor* (RE-201))**

Nama Mahasiswa : Nazalni Ahzam

Nomor Pokok Mahasiswa : 1755041007

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**



**Ir. Azhar, M.T.**

**NIP. 196604011995011001**



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

**NIP. 197112192000032001**

2. **Ketua Jurusan**



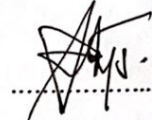
**Yuli Darni, S.T., M.T.**

**NIP. 197407122000032001**

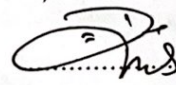
## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

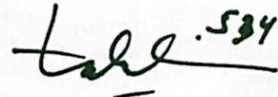
Ketua : Ir. Azhar, M.T.



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



Penguji  
Bukan pembimbing I : Taharuddin, S.T., M.Sc.



Bukan Pembimbing II : Muhammad Haviz, S.T., M.T.



### 2. Dekan Fakultas Teknik



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

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Juni 2023

## PERNYATAAN

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

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

Bandar Lampung, 01 Agustus 2023



Nazalni Ahzam

NPM. 1755041007

## RIWAYAT HIDUP



**Nazalni Ahzam**, penulis laporan ini dilahirkan di Bandarlampung pada tanggal 27 Desember 1999, Anak terakhir dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Ir. Ahzam Muhammad Zuhri (Alm) dan Ibu Nonimah, S. Pd., MM.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDS Alkautsar pada tahun 2011, pendidikan sekolah menengah pertama di SMPS Alkautsar pada tahun 2014 dan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 7 Bandarlampung pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai organisasi antara lain sebagai Staff Departemen Kesekretariatan Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) Periode 2019.

Pada tahun 2021, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di PT Pertanian Nasional VIII (PTPN) dengan Tugas Khusus “Analisis Kinerja *Centrifuge* pada Stasiun Pemurnian CPO”. Pada tahun 2021, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pembuatan Zat Pewarnai Alami dari Ekstaksi Kulit Jengkol menggunakan Metode *Ultrasound Assisted Extraction* dengan Variasi Jenis Pelarut” di Laboratorium Teknik Kimia, Universitas Lampung.



## PERSEMBAHAN

*Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:*

*Allah SWT*

*Karena kehendak-Nya, semua ini dapat ku peroleh.*

*Atas berkah dan karunia-Nya, aku bisa menyelesaikan karya kecil ini.*

*Atas karunia dan anugerah-Nya, aku bisa bertahan selama ini.*

*Ayah Zuhri dan Bunda Nonimah,*

*terima kasih atas segalanya, doa, kasih sayang, pengorbanan dan*

*keikhlasannya. Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan*

*dengan pengorbanan dan kasih sayang kalian selama ini. Terima kasih atas*

*segalanya.*

*Bang Rahman, Bang Fahmi, dan Bang Opan terima kasih atas dukungan, doa dan keceriaannya selama ini.*

*Sahabat-sahabatku,*

*terima kasih atas dukungan, doa, bantuan dan ketulusannya selama ini.*

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,*

*terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini baik itu berupa ilmu keteknikkimiaan maupun ilmu kehidupan yang tentunya sangat berguna dan bermanfaat.*

*Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta, semoga kelak berguna dikemudian hari.*

## **MOTTO**

YOLO

“You Only Live Once”

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, atas segala limpahan rahmat, hidayah, segala kenimatan yang Ia berikan dan juga berkat ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Gliserol Dari Alil Alkohol Dan Hidrogen Peroksida Kapasitas 15.000 Ton/Tahun (Tugas Khusus Perancangan *Continuous Stirred Tank Reactor* (RE-201))”. Tugas Akhir merupakan salah satu dari mata kuliah wajib yang harus dilaksanakan sebagai syarat kelulusan sebagai Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu, membimbing, dan mengarahkan selama pelaksanaan penelitian dan juga pada saat pembuatan laporan hasil penelitian kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian ini dengan selamat hingga akhir.
2. Ibu Yuli Darni, S. T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Azhar, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan ilmunya untuk saya dapat mengerjakan tugas akhir dengan baik.

4. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang selama sudah sabar membimbing kami baik dalam penelitian maupun saat penyusunan tugas akhir.
5. Bapak Taharuddin, S.T., M.Sc. dan Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran agar tugas akhir menjadi baik lagi.
6. Seluruh dosen dan staff Jurusan Teknik Kimia yang telah memberi kan ilmu selama proses perkuliahan.
7. Keluarga ku tercinta. Mama yang selalu memberikan doa, motivasi, semangat, dan bantuan yang begitu melimpah dan tidak akan pernah bisa terhitung nilainya. Alm. Ayah yang selama hidupnya selalu memberikan yang terbaik. Pengorbananmu tidak akan tergantikan bahkan tidak bisa ditukar dengan apapun didunia ini.
8. Abang Rahman, Abang Fahim, Abang Opan yang selalu memberikan dukungan sehingga penulis terus semangat untuk memotivasi diri menjadi pribadi yang lebih baik.
9. Esha B. Antia sebagai *partner* tugas akhir dan penelitian, terima kasih atas bantuan dan kerja samanya sehingga dapat terselesaikan tugas akhir ini.
10. Guntur M. Rafly yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta selalu sabar mengajari penulis.
11. Teman-teman mahasiswa Teknik Kimia Unila angkata 2017 yang telah memberikan dukungan tiada henti.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Akhir kata semoga laporan hasil penelitian ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, 01 Agustus 2023

Penulis

Nazalni Ahzam

**DAFTAR ISI**

|   |     |
|---|-----|
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                   | xii |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                 | xv  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                | xix |
| <br>  |     |
| <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   |
| <br>  |     |
| <b>II. PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES</b> .....           | 9   |
| 2.1. Tinjauan Proses .....                                | 9   |
| 2.2. Seleksi Proses .....                                 | 11  |
| 2.3. Deskripsi Proses Pembuatan Gliserol.....             | 23  |
| <br>  |     |
| <b>III. BAHAN BAKU DAN PRODUK</b> .....                   | 25  |
| 3.1. Deskripsi Bahan Baku .....                           | 25  |
| 3.2. Sifat Produk.....                                    | 26  |
| <br>  |     |
| <b>IV. NERACA MASSA &amp; PANAS</b> .....                 | 28  |
| 4.1. Neraca Massa .....                                   | 29  |
| 4.2. Neraca Panas .....                                   | 32  |
| <br>  |     |
| <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 |
| <br>  |     |
| <b>VII. TATA LETAK PABRIK</b> .....                           | 122 |
| 7.1.    Lokasi Pabrik.....                                    | 122 |
| 7.2.    Tata Letak Pabrik .....                               | 125 |
| <br>  |     |
| <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 |
| <br>  |     |
| <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 |
| <br>  |     |
| <b>X. SIMPULAN DAN SARAN</b> .....                            | 169 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                                   | 170 |
| <br>  |     |
| <b>LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA</b> .....              | A-1 |
| <b>LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS</b> .....              | B-1 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN PROSES<br/>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 6.1.</b> Kebutuhan Air Untuk Air Pendingin.....                      | 100 |
| <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,

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. 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.

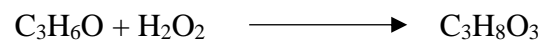
Menurut US Patent No.2838574 dan Faih-Keyes, 1975; proses dapat dilakukan dengan menggunakan *Continuous Stirred-Tank*

*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<br/>Hidrolisis<br/>Epiklorohidrin</b>   | <b>Gliserol dari<br/>Hidroksilasi Alil<br/>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)<br>2. Bahan baku lebih mahal | 1. Bahan baku yang digunakan cenderung lebih aman<br>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

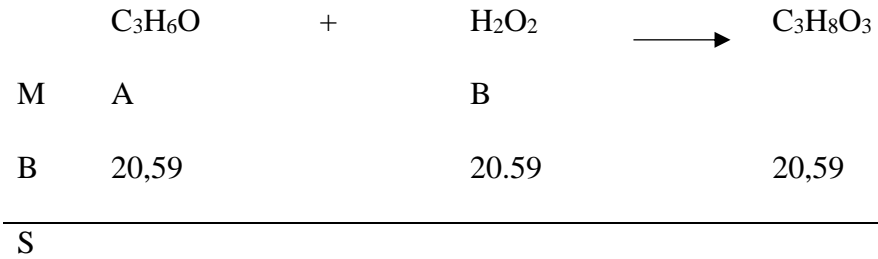
| Senyawa     | Berat Molekul (g/mol) |
|-------------|-----------------------|
| $C_3H_6O$   | 58                    |
| $H_2O_2$    | 34                    |
| $C_3H_8O_3$ | 92                    |

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

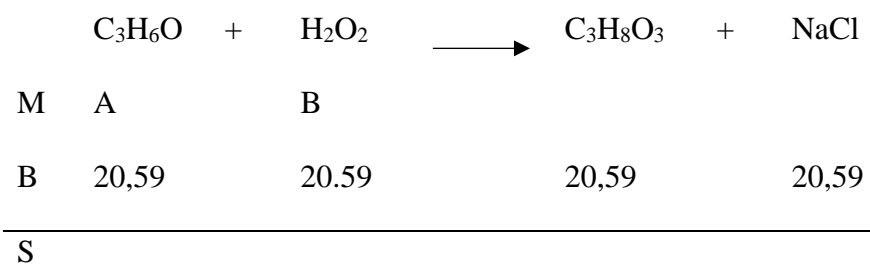
| <b>Senyawa</b> | <b>Berat Molekul (g/mol)</b> |
|----------------|------------------------------|
| $C_3H_5OCl$    | 92,5                         |
| NaOH           | 40                           |
| $C_3H_8O_3$    | 92                           |
| NaCl           | 58,4                         |

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 | $= \frac{mC_3H_5OCl}{\%kemurnian} \times (100\% - kemurnian)$  |
|   | $= 48,58 \text{ kg/jam}$                                       |
| mH <sub>2</sub> O dalam NaOH                              | $= \frac{mNaOH}{\%kemurnian} \times (100\% - kemurnian)$       |
|   | $= 1.543,97 \text{ kg/jam}$                                    |
| 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:



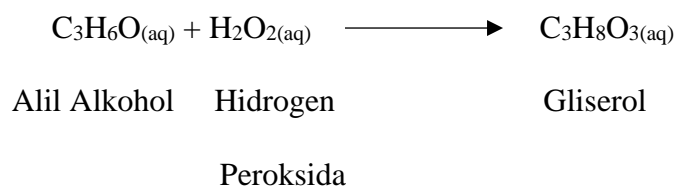
**Tabel 2.6.** Nilai  $\Delta H_f^\circ$  dan  $\Delta G_f^\circ$  Masing-Masing Komponen

| 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)

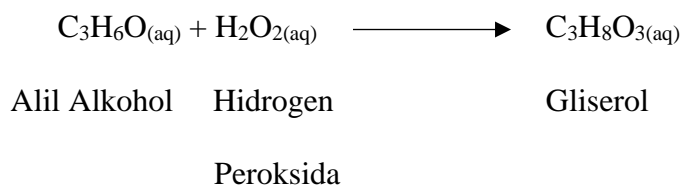
$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C^\circ_P}{R} \frac{dT}{T} = \Delta A \ln \tau + \left[ \Delta B T_0 + \left( \Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2} \right) \left( \frac{\tau + 1}{2} \right) \right] (\tau - 1)$$

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 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.

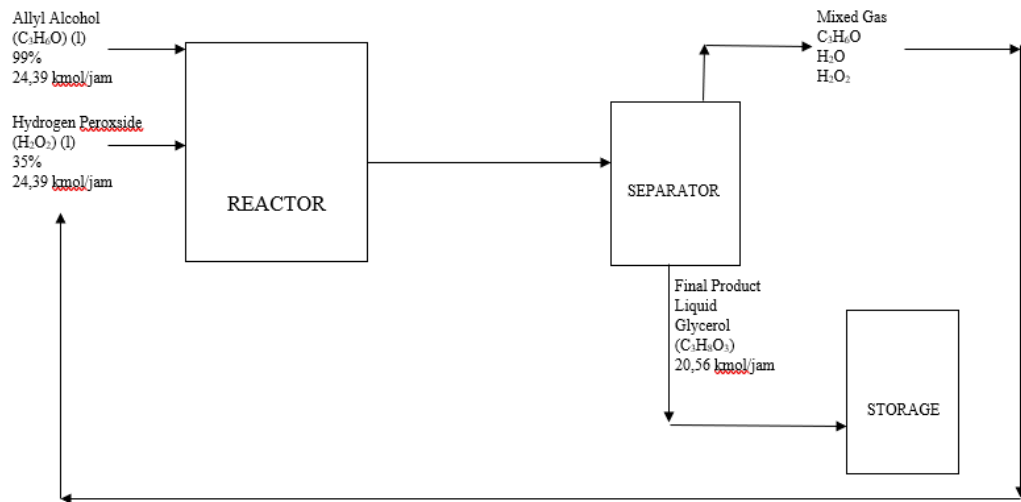
#### b. Tahap Pemurnian Produk

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<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>

b. Berat molekul : 92 g/mol

c. Wujud pada suhu kamar : Cair

d. Titik didih : 290°C

e. Titik Beku : 17,9°C

f. Densitas : 1,26 kg/L

(Perry,1997)

g. Viskositas : 80 cP

(Kirk and Othmer, 1998)

h. Kapasitas panas : 124,995 kal/grmol<sup>o</sup>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 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 7th<sup>ed</sup>*, 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

Rebsdats, 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.

Wallas. S. M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers,  
Stoneham USA.

Yaws, C. L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw Hill Book Co., New  
York

[www.sigmaaldrich.com](http://www.sigmaaldrich.com), Diakses pada 12 Desember 2017, 19.35 WIB

[www.icis.com](http://www.icis.com)., Diakses pada Januari 2018

[www.matches.com](http://www.matches.com), Diakses pada 10 Agustus 2018, 08.30 WIB

[www.novita-elyanti.blogspot.com](http://www.novita-elyanti.blogspot.com), 21 Agustus 2018

[www.pertamina.com](http://www.pertamina.com), 5 September 2018

<https://maps.google.com/>, 18 September 2018

[www.elearning.gunadarma.ac.id](http://www.elearning.gunadarma.ac.id), 14 September 2018