

**SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN PROPILEN OKSIDA  
KAPASITAS 85.000 TON/TAHUN**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Kimia  
pada  
Universitas Sriwijaya**



**Zulfa Syafira Dwi Utami**

NIM 03031381621085

**Fatina Shania**

NIM 03031381621088

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

## **HALAMAN PENGESAHAN**

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN PROPILEN OKSIDA  
KAPASITAS 85.000 TON/TAHUN**

### **SKRIPSI**

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh:

Zulfa Syafira Dwi Utami  
NIM 03031381621085

Fatina Shania  
NIM 03031381621088

Palembang, Juli 2020

Pembimbing,

  
Budi Saputro, S.T., M.T.  
NIP. 197706052003121004

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Propilen Oksida Kapasitas 85.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan oleh **Zulfa Syafira Dwi Utami dan Fatina Shania** di hadapan Tim Pengaji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Juli 2020.

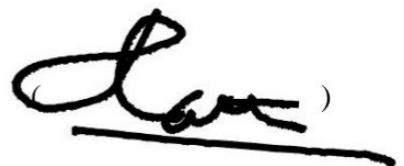
Palembang, Juli 2020

Tim Pengaji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Ir. Hj. Tri Kurnia Dewi, M.Sc, Ph.D  
NIK. 1671104307520005



2. Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng  
NIP. 195910191987111001



3. Enggal Nurisman, S.T., M.T.  
NIP. 198106022008011010



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003

## HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

**Zulfa Syafira Dwi Utami**                   **03031381621085**

**Fatina Shania**                           **03031381621088**

Judul:

### **“PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN PROPILEN OKSIDA KAPASITAS 85.000 TON/TAHUN”**

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Juli 2020 oleh Dosen Pengaji:

Dr. Ir. Hj. Tri Kurnia Dewi, M.Sc, Ph.D  
NIK. 1671104307520005

(  )

Enggal Nurisman, S.T., M.T.  
NIP. 198106022008011010

(  )

Palembang,                           Juli 2020

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,



Budi Santoso, S.T., M.T.

NIP. 197706052003121004

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zulfa Syafira Dwi Utami  
NIM : 03031381621085  
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Propilen Oksida Kapasitas 85.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Fatina Shania didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2020



Zulfa Syafira Dwi Utami

NIM. 03031381621085



## **HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fatina Shania  
NIM : 03031381621088  
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Propilen Oksida Kapasitas 85.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Zulfa Syafira Dwi Utami didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2020



Fatina Shania



NIM. 03031381621088

## ABSTRAK

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN PROPILEN OKSIDA  
KAPASITAS PRODUKSI 85.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Juli 2020

Zulfa Syafira D. U. dan Fatina Shania; Dibimbing oleh Budi Santoso, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxiv + 509 halaman, 15 tabel, 7 gambar, 4 lampiran

### ABSTRAK

Pabrik pembuatan propilen oksida dengan kapasitas produksi 85.000 ton/tahun direncanakan berdiri pada tahun 2024 di kawasan industri Cilegon, Banten, yang diperkirakan memiliki luas area 5,12 ha. Proses pembuatan propilen oksida ini mengacu pada Patent US 2019/0210989 A1, dimana metode proses yang digunakan merupakan proses epoksidasi hidrogen peroksida dan propilen membentuk propilen oksida dan air. Reaksi berlangsung pada dua reaktor seri berupa *multitubular fixed bed reactor* dengan temperatur 60°C dan tekanan 20 bar.

Pabrik ini akan didirikan dengan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff*, yang dipimpin oleh seorang direktur utama dengan total karyawan 158 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik propilen oksida ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi berbagai macam persyaratan parameter ekonomi sebagai berikut:

- |                                   |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|
| • Investasi                       | = US\$ 142.258.291,35 |
| • Hasil penjualan per tahun       | = US\$ 180.325.101,04 |
| • Biaya produksi per tahun        | = US\$ 94.728.500,46  |
| • Laba bersih per tahun           | = US\$ 59.917.620,41  |
| • <i>Pay Out Time</i>             | = 2,67 tahun          |
| • <i>Rate of Return</i>           | = 42,12%              |
| • <i>Discounted Cash Flow-ROR</i> | = 33,12%              |
| • <i>Break Even Point</i>         | = 22,99%              |
| • <i>Service Life</i>             | = 11 tahun            |

**Kata Kunci :** Hidrogen Peroksida, Propilen, Propilen Oksida, Analisa Ekonomi

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia,

  
Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003

Palembang, Juli 2020  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

  
Budi Santoso, S.T. M. T.  
NIP. 197706052003121004

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Propilen Oksida Kapasitas 85.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini dilakukan sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik Sarjana Strata Satu di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik karena penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada Bapak Budi Santoso S. T., M. T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir dan semua pihak yang telah memberikan bantuan selama penggerjaan tugas akhir ini. Penulis berharap tugas akhir ini agar dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Palembang, Juli 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	iii
<b>HALAMAN PERBAIKAN.....</b>	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....</b>	v
<b>ABSTRAK .....</b>	vii
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	viii
<b>DAFTAR ISI.....</b>	ix
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xv
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	xvi
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	xxiv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan Pembuatan Propilen Oksida.....	2
1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan Propilen Oksida .....	2
1.3.1. Proses <i>Chlorohydrin</i> .....	2
1.3.2. Proses <i>Direct Oxidation Propylene to Propylene Oxide</i> .....	3
1.3.3. Proses <i>Hydroperoxide Tert-Butyl</i> .....	3
1.3.4. Proses <i>Hydrogen Peroxide</i> .....	3
1.4. Sifat Fisika dan Kimia .....	4
1.4.1. Propilen .....	4
1.4.2. Hidrogen Peroksida.....	5
1.4.3. Asetonitril .....	5
1.4.4. Air .....	5
1.4.5. <i>Titanium Silicate</i> .....	6
1.4.6. Propilen Oksida.....	6
<b>BAB II PERENCANAAN PABRIK .....</b>	7

2.1. Alasan Pendirian Pabrik .....	7
2.2. Penentuan Kapasitas.....	7
2.2.1. Data Impor Propilen Oksida di ASEAN .....	8
2.2.2. Data Ekspor Propilen Oksida di ASEAN.....	9
2.2.3. Data Produksi <i>Polyurethane</i> di Indonesia.....	10
2.2.4. Data Produksi Propilen Oksida di Indonesia .....	10
2.2.5. Besar Kapasitas Pendirian Pabrik Propilen Oksida .....	11
2.3. Pemilihan Bahan Baku .....	11
2.4. Pemilihan Proses .....	12
2.5. Uraian Proses .....	12
2.5.1. Tahap Persiapan Bahan Baku.....	12
2.5.2. Tahap Sintesa .....	12
2.5.3. Tahap Separasi dan Purifikasi .....	13
<b>BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK .....</b>	<b>15</b>
3.1. Lokasi Pabrik .....	15
3.1.1. Ketersediaan Bahan Baku .....	17
3.1.2. Peraturan Pemerintah mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) .....	17
3.1.3. Pemasaran Hasil Produksi.....	18
3.1.4. Utilitas .....	18
3.1.5. Sarana Transportasi.....	18
3.1.6. Ketenegakerjaan .....	18
3.1.7. Keadaan Geografis .....	19
3.1.8. Kemungkinan Perluasan Pabrik .....	19
3.2. Tata Letak Peralatan.....	19
3.3. Tata Letak Pabrik .....	21
3.4. Perkiraan Luas Area Pabrik .....	24
3.4.1. Luas Area Pabrik.....	24
3.4.2. Luas Area Perkantoran .....	24
3.4.3. Luas Area Perumahan dan Sarana Umum .....	25
3.4.4. Luas Area Terbuka Hijau dan Perluasan Pabrik .....	25

<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS .....</b>	<b>27</b>
4.1. Neraca Massa .....	27
4.1.1. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT-01) .....	27
4.1.2. Neraca Massa Reaktor-01 (R-01) .....	27
4.1.3. Neraca Massa Reaktor-02 (R-02) .....	28
4.1.4. Neraca Massa Kolom Destilasi (KD-01) .....	28
4.1.5. Neraca Massa <i>Condensor</i> -01 (CD-01).....	29
4.1.6. Neraca Massa <i>Accumulator</i> (ACC-01) .....	29
4.1.7. Neraca Massa <i>Reboiler</i> -01 (RB-01).....	30
4.1.8. Neraca Massa Kolom Destilasi-02 (KD-02) .....	30
4.1.9. Neraca Massa <i>Condensor</i> -02 (CD-02).....	31
4.1.10. Neraca Massa <i>Accumulator</i> -2 (ACC-02) .....	31
4.1.11. Neraca Massa <i>Reboiler</i> -02 (RB-02).....	32
4.1.12. Neraca Massa Kolom Destilasi-03 (KD-03) .....	32
4.1.13. Neraca Massa <i>Condensor</i> -03 (CD-03).....	33
4.1.14. Neraca Massa <i>Accumulator</i> -03 (ACC-03) .....	33
4.1.15. Neraca Massa <i>Reboiler</i> -03 (RB-03).....	34
4.2. Neraca Panas .....	34
4.2.1. Neraca Panas <i>Mixing Tank</i> -01 (MT-01) .....	34
4.2.2. Neraca Panas <i>Heater</i> -01 (H-01) .....	34
4.2.3. Neraca Panas Reaktor-01 (R-01) .....	35
4.2.4. Neraca Panas Reaktor-02 (R-02) .....	35
4.2.5. Neraca Panas <i>Chiller</i> -01 (CH-01).....	35
4.2.6. Neraca Panas Kolom Destilasi-01 (KD-01) .....	36
4.2.7. Neraca Panas <i>Condensor</i> -01 (CD-01).....	36
4.2.8. Neraca Panas <i>Reboiler</i> -01 (RB-01).....	36
4.2.9. Neraca Panas <i>Cooler</i> -01 (C-01).....	37
4.2.10. Neraca Panas Kolom Destilasi-02 (KD-02) .....	37
4.2.11. Neraca Panas <i>Condensor</i> -02 (CD-02).....	37
4.2.12. Neraca Panas <i>Cooler</i> -02 (C-02).....	37
4.2.13. Neraca Panas <i>Reboiler</i> -02 (RB-02).....	38

4.2.14. Neraca Panas <i>Cooler</i> -03 (C-03) .....	38
4.2.15. Neraca Panas Kolom Destilasi-03 (KD-03) .....	38
4.2.16. Neraca Panas <i>Condensor</i> -03 (CD-03) .....	38
4.2.17. Neraca Panas <i>Cooler</i> -04 (C-04) .....	39
4.2.18. Neraca Panas <i>Reboiler</i> -03 (RB-03) .....	39
4.2.19. Neraca Panas <i>Cooler</i> -05 (C-05) .....	39
<b>BAB V UTILITAS .....</b>	<b>40</b>
5.1. Unit Pengadaan Steam .....	40
5.1.1. <i>Saturated Steam</i> sebagai Pemanas .....	40
5.1.2. Total Kebutuhan <i>Steam</i> .....	41
5.2. Unit Pengadaan Air .....	41
5.2.1. Air Pendingin .....	41
5.2.2. Air Umpan <i>Boiler</i> .....	43
5.2.3. Air Domestik.....	43
5.2.4. Total Kebutuhan Air .....	45
5.3. Unit Pengadaan <i>Refrigerant</i> .....	45
5.4. Unit Pengadaan Listrik .....	46
5.4.1. Listrik untuk Peralatan .....	46
5.4.2. Listrik untuk Penerangan .....	46
5.4.3. Total Kebutuhan Listrik .....	47
5.5. Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	48
5.5.1. Bahan Bakar Keperluan <i>Boiler</i> .....	48
5.5.2. Bahan Bakar Keperluan Generator .....	49
5.5.3. Total Kebutuhan Bahan Bakar .....	49
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>50</b>
6.1. <i>Accumulator</i> -01 (ACC-01).....	50
6.2. <i>Accumulator</i> -02 (ACC-02).....	51
6.3. <i>Accumulator</i> -03 (ACC-03).....	52
6.4. <i>Chiller</i> -01 (CH-01) .....	53
6.5. <i>Cooler</i> -01 (C-01) .....	54

6.6. <i>Cooler-02</i> (C-02).....	55
6.7. <i>Cooler-03</i> (C-03).....	56
6.8. <i>Cooler-04</i> (C-04).....	57
6.9. <i>Cooler-05</i> (C-05).....	58
6.10. <i>Condensor-01</i> (CD-01) .....	59
6.11. <i>Condensor-02</i> (CD-02) .....	60
6.12. <i>Condensor-03</i> (CD-03) .....	61
6.13. <i>Heater-01</i> (H-01) .....	62
6.14. Kolom Destilasi-01 (KD-01).....	63
6.15. Kolom Destilasi-02 (KD-02).....	64
6.16. Kolom Destilasi-03 (KD-03).....	65
6.17. <i>Mixing Tank</i> (MT-01) .....	66
6.18. Pompa-01 (P-01) .....	67
6.19. Pompa-02 (P-02) .....	68
6.20. Pompa-03 (P-03) .....	69
6.21. Pompa-04 (P-04) .....	70
6.22. Reaktor-01 (R-01) .....	71
6.23. Reaktor-02 (R-02) .....	72
6.24. <i>Reboiler-01</i> (RB-01) .....	73
6.25. <i>Reboiler-02</i> (RB-02) .....	74
6.26. <i>Reboiler-03</i> (RB-03) .....	75
6.27. Tangki-01 (T-01).....	76
6.28. Tangki-02 (T-02).....	77
6.29. Tangki-03 (T-03).....	78
6.30. Tangki-04 (T-04).....	79
<b>BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	80
7.1. Bentuk Perusahaan .....	80
7.2. Manajemen Peusahaan .....	81
7.3. Tugas dan Wewenang .....	81
7.3.1. Dewan Komisaris .....	82
7.3.2. Direktur .....	82

7.3.3. Manajer Teknik dan Produksi .....	82
7.3.4. Manajer Keuangan dan Pemasaran .....	83
7.3.5. Manajer Kepegawaian dan Umum .....	84
7.4. Kepegawaian.....	85
7.5. Sistem Kerja .....	85
7.5.1. Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i> .....	85
7.4.2. Waktu Kerja Karyawan <i>Non-Shift</i> .....	86
7.6. Penentuan Jumlah Karyawan .....	86
7.6.1. <i>Direct Operating Labor</i> .....	86
7.6.2. <i>Indirect Operating Labor</i> .....	89
<b>BAB VIII ANALISA EKONOMI .....</b>	<b>92</b>
8.1. Profitabilitas (Keuntungan) .....	93
8.1.1. Total Annual Cash Flow .....	93
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal .....	94
8.2.1. Lama Pengembalian TCI.....	94
8.2.2. <i>Pay Out Time</i> (POT) .....	95
8.3. Total Modal Akhir .....	96
8.3.1. <i>Net Profit Over Total Life of the Project</i> (NPOTLP) .....	96
8.3.2. <i>Total Capital Sink</i> (TCS) .....	97
8.4. Laju Pengembalian Modal .....	98
8.4.1. <i>Rate of Return on Investment</i> (ROI) .....	98
8.4.2. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return</i> (DCF-ROR) .....	98
8.5. <i>Break Even Point</i> (BEP) .....	99
8.6. Kesimpulan Analisa Ekonomi .....	101
<b>BAB IX KESIMPULAN .....</b>	<b>102</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>103</b>

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1.1. Perbandingan Proses Pembuatan Propilen Oksida .....	4
Tabel 2.1. Data Impor Propilen Oksida di ASEAN .....	8
Tabel 2.2. Data Ekspor Propilen Oksida di ASEAN .....	9
Tabel 2.3. Data Produksi <i>Polyurethane</i> di Indonesia.....	10
Tabel 3.1. Faktor Pemilihan Lokasi Pendirian Pabrik Propilen Oksida .....	16
Tabel 3.2. Perkiraan Luas Pabrik Propilen Oksida .....	24
Tabel 5.1. Kebutuhan <i>Steam</i> Pemanas .....	40
Tabel 5.2. Kebutuhan Air Pendingin.....	41
Tabel 5.3. Total Kebutuhan Air .....	45
Tabel 5.4. Total Kebutuhan <i>Refrigerant</i> .....	45
Tabel 5.5. Kebutuhan Listrik untuk Peralatan .....	46
Tabel 5.6. Total Kebutuhan Bahan Bakar .....	49
Tabel 7.1. Pembagian Jadwal Kerja Karyawan <i>Shift</i> .....	86
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Total Karyawan .....	89
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal TCI .....	95

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1. Data Impor Propilen Oksida di ASEAN .....	8
Gambar 2.2. Data Ekspor Propilen Oksida di ASEAN.....	9
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pabrik.....	17
Gambar 3.2. Tata Letak Peralatan (Skala 1 : 700) .....	21
Gambar 3.3. Tata Letak Pabrik (Skala 1 : 5000).....	23
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	91
Gambar 8.1. <i>Break Even Point</i> (BEP).....	101

## DAFTAR NOTASI

### 1. ACCUMULATOR

C	= Tebal korosi yang diizinkan, m
E	= Effisiensi pengelasan, dimensionless
ID, OD	= <i>Inside diameter, Outside diameter</i> , m
L	= Panjang <i>accumulator</i> , m
P	= Tekanan operasi, atm
S	= <i>Working stress</i> yang diizinkan
t	= Temperatur Operasi, °C
V	= Volume total, m <sup>3</sup>
V <sub>s</sub>	= Volume silinder, m <sup>3</sup>
W	= Laju alir massa, kg/jam
$\rho$	= Densitas, lb/ft <sup>3</sup>

### 2. CHILLER, COOLER, HEATER, CONDENSOR, REBOILER

A	= Area perpindahan panas, ft <sup>2</sup>
a <sub>a</sub> , a <sub>p</sub>	= Area pada annulus, inner pipe, ft <sup>2</sup>
a <sub>s</sub> , a <sub>t</sub>	= Area pada shell, tube, ft <sup>2</sup>
a"	= <i>External surface</i> per 1 in, ft <sup>2</sup> /in ft
B	= <i>Baffle spacing</i> , in
C	= <i>Clearance</i> antar <i>tube</i> , in
D	= Diameter dalam <i>tube</i> , in
D <sub>e</sub>	= Diameter ekivalen, in
f	= Faktor friksi, ft <sup>2</sup> /in <sup>2</sup>
G <sub>a</sub>	= Laju alir massa fluida pada <i>annulus</i> , lb/jam.ft <sup>2</sup>
G <sub>p</sub>	= Laju alir massa fluida pada <i>inner pipe</i> , lb/jam.ft <sup>2</sup>
G <sub>s</sub>	= Laju alir massa fluida pada <i>shell</i> , lb/jam.ft <sup>2</sup>
G <sub>t</sub>	= Laju alir massa fluida pada <i>tube</i> , lb/jam.ft <sup>2</sup>

$g$	=	Percepatan gravitasi
$h$	=	Koefisien perpindahan panas, Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F
$h_{i,ho}$	=	Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan luar tube
$jH$	=	Faktor perpindahan panas
$k$	=	Konduktivitas termal, Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F
$L$	=	Panjang <i>tube</i> , pipa, ft
$LMTD$	=	<i>Logaritmic Mean Temperature Difference</i> , °F
$N$	=	Jumlah <i>baffle</i>
$N_t$	=	Jumlah <i>tube</i>
$P_T$	=	<i>Tube pitch</i> , in
$\Delta P_r$	=	<i>Return drop shell</i> , Psi
$\Delta P_s$	=	Penurunan tekanan pada <i>shell</i> , Psi
$\Delta P_t$	=	Penurunan tekanan <i>tube</i> , Psi
$ID$	=	<i>Inside Diameter</i> , ft
$OD$	=	<i>Outside Diameter</i> , ft
$\Delta P_T$	=	Penurunan tekanan total pada <i>tube</i> , Psi
$Q$	=	Beban panas pada <i>heat exchanger</i> , Btu/jam
$R_d$	=	<i>Dirt factor</i> , Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F
$R_e$	=	Bilangan <i>Reynold</i> , dimensionless
$s$	=	<i>Specific gravity</i>
$T_1, T_2$	=	Temperatur fluida panas <i>inlet, outlet</i> , °F
$t_1, t_2$	=	Temperatur fluida dingin <i>inlet, outlet</i> , °F
$T_c$	=	Temperatur rata-rata fluida panas, °F
$t_c$	=	Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
$U_c, U_d$	=	<i>Clean overall coefficient, design overall coefficient</i> , Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F
$W$	=	Laju alir massa fluida panas, lb/jam
$w$	=	Laju alir massa fluida dingin, lb/jam
$\mu$	=	Viskositas, cp

### 3. KOLOM DISTILASI

$A_d$	= <i>Downcomer area, m<sup>2</sup></i>
$A_t$	= <i>Tower area, m<sup>2</sup></i>
$A_n$	= <i>Net area, m<sup>2</sup></i>
$A_a$	= <i>Active area, m<sup>2</sup></i>
$A_b$	= <i>Hole area, m<sup>2</sup></i>
$A_{da}$	= <i>Aerated area, m<sup>2</sup></i>
$C$	= Faktor korosi yang dizinkan, m
$C_{sb}$	= Kapasitas vapor, m/det
$Dl$	= <i>Clearance, mm</i>
$d_h$	= Diameter <i>hole</i> , mm
$d_c$	= Diameter kolom, mm
$e$	= Total entrainment, kg/det
$E$	= <i>Joint efficiency, dimensionless</i>
$F$	= <i>Friction factor, dimensionless</i>
$F_{iv}$	= Paramater aliran, dimensionless
$h_a$	= <i>Aerated liquid drop, m</i>
$h_f$	= <i>Froth height, mm</i>
$h_w$	= <i>Weir height, mm</i>
$h_\sigma$	= <i>Weep point, cm</i>
$H$	= Tinggi kolom, m
$Lw$	= <i>Weir length</i>
$L$	= Laju alir massa <i>liquid solvent</i> , kg/det
$N_m$	= Jumlah tray minimum
$\Delta P$	= <i>Pressure drop</i>
$P$	= Tekanan desain, atm
$q$	= Laju alir volume umpan <i>solvent</i> , m <sup>3</sup> /det
$Q$	= Laju alir volume umpan gas, m <sup>3</sup> /det
$Q_p$	= <i>Aeration factor, dimensionless</i>
$R$	= [L/D] <i>refluks ratio, dimensionless</i>
$R_h$	= <i>Radius Hydrollic, m</i>

$R_m$	= Refluks minimum
$R_{eh}$	= <i>Reynold modulus, dimensionless</i>
$S$	= <i>Working stress, N/m<sup>2</sup></i>
$S_s$	= <i>Stage umpan</i>
$St$	= Jumlah stages
$t$	= Tebal dinding vessel, m
$T$	= Temperatur operasi, °C
$T_{av}$	= Temperatur rata-rata, °C
$U_f$	= Kecepatan aerated mass, $U_f$
$V$	= Laju alir massa umpan gas, kg/det
$V_d$	= <i>Downcomer velocity, m/det</i>
$\alpha$	= Relatif volatil, dimensionless
$\Delta$	= <i>Liquid gradien, cm</i>
$\rho_g$	= Densitas gas, kg/m <sup>3</sup>
$\rho_l$	= Densitas liquid, kg/m <sup>3</sup>
$\psi$	= <i>Fractional entrainment, dimensionless</i>

#### 4. POMPA

$A$	= Area alir pipa, in <sup>2</sup>
BHP	= <i>Brake Horse Power, HP</i>
$D_{i\ opt}$	= Diameter optimum pipa, in
$E$	= <i>Equivalent roughness</i>
$f$	= Faktor friksi
FK	= Faktor keamanan
$g_c$	= Percepatan gravitasi, ft/s <sup>2</sup>
Gpm	= Gallon per menit
$H_{f\ suc}$	= Total friksi pada suction, ft
$H_{f\ dis}$	= Total friksi pada discharge, ft
$H_{fs}$	= <i>Skin friction loss</i>
$H_{fsuc}$	= <i>Total suction friction loss</i>
$H_{fc}$	= <i>Sudden Contraction Friction Loss (ft lb<sub>m</sub>/lb<sub>f</sub>)</i>

$H_{fc}$	= Sudden expansion friction loss (ft $lb_m/lb_f$ )
ID	= <i>Inside diameter</i> pipa, in
$K_c, K_s$	= <i>Contraction, expansion loss contraction</i> , ft
L	= Panjang pipa, ft
$L_e$	= Panjang ekuivalen pipa, ft
NPSH	= <i>Net positive suction head</i> (ft)
$N_{Re}$	= <i>Reynold number</i> , dimension less
$P_{vp}$	= Tekanan uap, Psi
$Q_f$	= Laju alir volumeterik
$V_f$	= Kapasitas pompa, lb/jam
V	= Kecepatan alir
$\Delta P$	= Beda tekanan, Psi

## 5. REAKTOR

$\sigma_A$	= Diameter molekul A, m
$\sigma_B$	= Diameter molekul B, m
$a''$	= <i>Flow area</i> , $m^2$
$A_t$	= Luas keseluruhan jumlah tube, $m^2$
$A_f$	= <i>Free area</i> , $m^2$
$A_s$	= <i>Area shell</i> , $m^2$
$a'_t$	= Luas area per <i>tube</i> , $m^2$
B	= <i>Baffle spacing</i>
$C_{Ao}$	= konsentrasi awal umpan masuk, $kmol/m^3$
C	= Tebal korosi yang dizinkan, atm
$D_K$	= Diameter katalis, cm
$D_T$	= Diameter <i>tube</i> , in
$D_s$	= Diameter <i>shell</i> , m
$F_{Ao}$	= Laju alir umpan, $kmol/jam$
g	= Gravitasi
$H_r$	= Tinggi Reaktor, m
ID	= <i>Inside Diameter</i> , m

- k = Konstanta laju reaksi,  $\text{m}^3/\text{kmol.s}$   
 Lt = Panjang *tube*, m  
 M<sub>fr</sub> = Laju alir massa umpan, kg/h  
 N = Bilangan Avogadro  
 Nt = Jumlah *Tube*  
 OD = *Outside Diameter*, m  
 P = Tekanan, atm  
 P<sub>T</sub> = *Tube pitch*, atm  
 Q<sub>f</sub> = *Volumetric Flowrate Umpan*  
 Re = Bilangan *Reynold*  
 S = *Working Stress* yang diizinkan, atm  
 T = Temperatur, °C  
 t = Tebal dinding *vessel*  
 V<sub>f</sub> = Total *free volume*,  $\text{m}^3$   
 V<sub>K</sub> = Volume katalis,  $\text{m}^3$   
 V<sub>S</sub> = Volume *shell*,  $\text{m}^3$   
 V<sub>t</sub> = Volume reaktor,  $\text{m}^3$   
 V<sub>TR</sub> = Volume *tube* reaktor,  $\text{m}^3$   
 W<sub>k</sub> = Berat katalis  
 X = Konversi  
 ρ = Densitas  
 ε<sub>A</sub> = *Voidage*  
 φ = Porositas Katalis  
 σ = Diameter Partikel, cm  
 ΔP<sub>b</sub> = *Pressure Drop*, kPa

## 5. TANGKI

- C = Tebal korosi yang diizinkan  
 D = Diameter tangki, m  
 E = Efisiensi penyambungan, dimensionless  
 h = Tinggi head, m

H	= Tinggi silinder, m
$H_T$	= Tinggi total tangki, m
P	= Tekanan Operasi, atm
S	= <i>Working stress</i> yang diizinkan, Psia
T	= Temperatur operasi, K
t	= Lama persediaan/penyimpanan, hari
$V_h$	= Volume <i>ellipsoidal head</i> , m <sup>3</sup>
$V_s$	= Volume silinder, m <sup>3</sup>
$V_t$	= Volume tangki, m <sup>3</sup>
W	= Laju alir massa, kg/jam
$\rho$	= Densitas, kg/m <sup>3</sup>

## 6. MIXING TANK

C	= Korosi yang diizinkan, m
E	= Effisiensi pengelasan, dimensionless
S	= Working stress yang diizinkan, psi
$D_t$	= Diameter tanki, m
$D_i$	= Diameter pengaduk, m
$Hi$	= Tinggi pengaduk dari dasar tanki
$H_1$	= Tinggi pengaduk
W	= Lebar daun impeller
L	= Panjang daun impeller
$V_s$	= Volume silinder, m <sup>3</sup>
$V_e$	= Volume <i>ellipsoidal</i> , m <sup>3</sup>
$t_h$	= Tebal tanki, m
$N_t$	= Jumlah pengaduk
P	= Densitas liquid
$\mu$	= Viscosity, cP
$t_m$	= Waktu pengadukan, menit

## **DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Lampiran 1.</b> Perhitungan Neraca Massa .....	139
<b>Lampiran 2.</b> Perhitungan Neraca Panas .....	186
<b>Lampiran 3.</b> Perhitungan Spesifikasi Peralatan .....	240
<b>Lampiran 4.</b> Perhitungan Analisa Ekonomi.....	498

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Pertumbuhan industri di dunia saat ini telah memasuki era revolusi industri 4.0. Indonesia sebagai negara yang memiliki potensi sumber daya yang tinggi, baik alam maupun manusia dituntut untuk dapat bersaing dengan negara lain dalam bidang industri seiring dengan meningkatnya persaingan global. Inovasi proses produksi maupun pembangunan pabrik baru diperlukan untuk mengurangi ketergantungan produk impor maupun untuk menambah devisa negara. Oleh karena itu, Kementerian Perindustrian Indonesia telah menetapkan lima sektor manufaktur yang akan diprioritaskan pengembangannya pada tahap awal dalam implementasi revolusi industri 4.0 di Indonesia. Lima sektor tersebut antara lain industri makanan dan minuman, tekstil dan pakaian, otomotif, elektronik, serta kimia.

Salah satu sektor industri yang dapat dikembangkan di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan industri 4.0 adalah industri produksi propilen oksida. Propilen oksida merupakan salah satu senyawa *intermediate* yang dapat digunakan secara luas di berbagai macam industri kimia, seperti industri *polyurethane* untuk membuat *flexible foam* yang digunakan pada perabotan rumah tangga dan kursi mobil, serta industri *propylene glycol* untuk makanan, kosmetik, dan *heat-transfer fluids*. Propilen oksida juga dapat digunakan untuk industri *polyglycols* sebagai pelumas, dan agen antifoam, industri *glycol ethers* untuk lapisan pelindung, tinta, dan pembersih, serta industri *isopropanolamines* untuk perekat, inhibitor korosi, dan produk pertanian (Kirk dan Othmer, 2000).

Secara global, industri propilen oksida sejak tahun 2013 telah mengalami peningkatan kapasitas produk dengan rata-rata 3% per tahun yang didorong dengan adanya perkembangan inovasi baru di dunia. Sementara itu, konsumsi propilen oksida tercatat meningkat setiap tahunnya dengan rata-rata sebesar 4,2%. Tingkat penggunaan propilen oksida di seluruh industri pada tahun 2018 diperkirakan sebesar 93%, naik dari 88% yang tercatat lima tahun lalu (IHS, 2019). Kebutuhan akan propilen oksida di Indonesia hingga saat ini masih belum terpenuhi. Hal ini

dikarenakan propilen oksida hingga saat ini masih diimpor dari berbagai negara maju seperti Jepang, Amerika Serikat, Korea, Belgia, Inggris, Australia dan Jerman (Hermiyati, 2018). Kebutuhan impor ini dapat dikurangi dengan mendirikan pabrik propilen oksida di Indonesia, bahkan apabila produksi propilen oksida melebihi kebutuhan dalam negeri, propilen oksida dapat menjadi produk ekspor.

Pendirian pabrik propilen oksida di Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan propilen oksida di Indonesia dan menambah devisa negara. Selain itu, dengan didirikannya pabrik propilen oksida dapat membuka lapangan kerja baru yang akan mendorong dan memperkuat perekonomian negara dan diharapkan dapat memacu berdirinya pabrik lain yang menggunakan bahan baku propilen oksida.

## 1.2. Sejarah dan Perkembangan Propilen Oksida

Pada tahun 1861, propilen oksida pertama kali ditemukan oleh Oser. Pada tahun 1927, propilen oksida dilakukan proses polimerisasi oleh Levene dan Walti. Pada tahun 1999, kapasitas produksi propilen oksida secara global mencapai  $5,78 \times 10^6$  ton/tahun. Propilen oksida dapat dihasilkan dari dua proses dasar, yaitu proses *hydroperoxide* dan proses *chlorohydrin*. Produksi propilen oksida dari proses hidroperoksida cukup komersil dan sudah banyak digunakan oleh beberapa perusahaan di Jerman, Italia, Brazil, Jepang, Eropa barat, dan Asia, sedangkan perusahaan yang menggunakan proses hidroperoksida untuk memproduksi propilen oksida, yaitu Dow Company (Othmer, 1978).

## 1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan Propilen Oksida

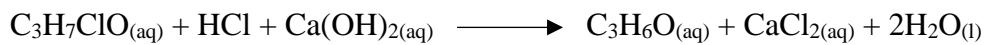
Pembuatan propilen oksida dapat menggunakan beberapa bahan baku dan proses pembuatan antara lain:

### 1.3.1. Proses *Chlorohydrin*

Proses pembuatan propilen oksida menggunakan proses *chlorohydrin* membutuhkan dua tahapan reaksi, yaitu reaksi *chlorohydration* dan reaksi *epoxidation*. Pada proses reaksi *chlorohydration*, gas propilen dan gas klorin dicampurkan dengan *excess water* untuk memproduksi *propylene chlorohyrin* dan senyawa klorin organik. *Yield* yang dihasilkan dari reaksi ini adalah sebesar 90-93%.

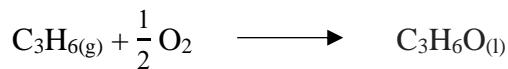


Kemudian dilanjutkan dengan proses *epoxidation*, larutan *propylene chlorohydrin* akan direaksikan dengan menggunakan  $\text{Ca(OH)}_2$  untuk membentuk senyawa propilen oksida (Othmer, 1978).



### 1.3.2. Proses *Direct Oxidation Propylene to Propylene Oxide*

Propilen sebagai bahan baku akan langsung direaksikan dengan oksigen. Proses ini dapat dilakukan dengan atau tanpa menggunakan katalis. Konversi yang dihasilkan dari proses ini, sebesar 10% (Othmer, 1978).



### 1.3.3. Proses *Hydroperoxide Tert-Butyl*

Proses pembuatan propilen oksida menggunakan proses *hydroperoxide tert-butyl* hanya membutuhkan satu tahapan reaksi, yaitu reaksi *epoxidation*. Pada reaksi *epoxidation* tersebut, propilen direaksikan dengan senyawa *tert-butyl hydroperoxide* dan katalis. Katalis yang umumnya digunakan dalam proses *hydroperoxide* adalah katalis jenis *organometallic*, seperti vanadium atau *molybendum*. Konversi yang diperoleh dari proses ini sebesar >95% (Othmer, 1978).



### 1.3.4. Proses *Hydrogen Peroxide*

Proses pembuatan propilen oksida menggunakan proses *hydrogen peroxide* membutuhkan satu tahapan reaksi, yaitu reaksi *epoxidation*. Proses tersebut dilakukan dengan mereaksikan senyawa hidrogen peroksida dengan propilen dan dibantu dengan menggunakan *solvent* dan katalis *Titanium Silicate* (TS-1). *Selectivity* yang dihasilkan dari proses ini >95% (Othmer, 1978).



**Tabel 1.1.** Perbandingan Proses Pembuatan Propilen Oksida

<b>Proses</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
<i>Chlorhydrin</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktan berupa <math>\text{Ca}(\text{OH})_2</math> murah dan mudah diperoleh</li> <li>- <i>Yield</i> yang diperoleh cukup tinggi, yaitu sebesar 90 -93%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berlangsung dengan 2 tahapan reaksi</li> </ul>
<i>Direct Oxidation</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menggunakan bahan baku berupa oksigen yang mudah diperoleh dan ekonomis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Konversi yang dihasilkan hanya mencapai 10%</li> </ul>
<i>Hydroperoxide</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hanya berlangsung dengan 1 tahapan reaksi</li> <li>- Konversi yang dihasilkan cukup tinggi, yaitu &gt;95%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Katalis yang digunakan cukup mahal dan sulit diperoleh</li> </ul>
<i>Hydrogen Peroxide</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hanya berlangsung dengan 1 tahapan reaksi</li> <li>- Konversi yang dihasilkan cukup tinggi, yaitu 90 - 99,9%</li> </ul>	

## 1.4. Sifat Fisik dan Kimia

### 1.4.1. Propilen

Rumus kimia	: $\text{C}_3\text{H}_6$
Berat molekul	: 42,08 g/mol
Wujud	: Gas
Penampilan	: Tidak berwarna
Titik leleh	: -185,3°C
Titik didih	: -47,8°C
Tekanan kritis	: 46,2 bar
Temperatur kritis	: 365 K

(Coulson & Richardson Vol. 6, 1999)

#### 1.4.2. Hidrogen Peroksida

Rumus kimia	: $\text{H}_2\text{O}_2$
Berat molekul	: 34,015 g/mol
Wujud	: Cair
Penampakan	: Tidak berwarna
Titik leleh	: -0,43°C
Titik didih	: 150,2 °C
Tekanan kritis	: 216, 84 bar
Temperatur kritis	: 730,15 K

(Coulson & Richardson Vol. 6, 1999)

#### 1.4.3. Asetonitril

Rumus kimia	: $\text{C}_2\text{H}_3\text{N}$
Berat molekul	: 41,053 g/mol
Wujud	: Cair
Penampakan	: Tidak berwarna
Titik leleh	: -43,9°C
Titik didih	: 81,6°C
Tekanan kritis	: 48,3 bar
Temperatur kritis	: 548 K

(Coulson & Richardson Vol. 6, 1999)

#### 1.4.4. Air

Rumus kimia	: $\text{H}_2\text{O}$
Berat molekul	: 18,015 g/mol
Penampakan	: Tidak berwarna
Wujud	: Cair
Titik leleh	: 0°C
Titik didih	: 100°C
Tekanan kritis	: 220,5 bar
Temperatur kritis	: 647,3 K

(Coulson & Richardson Vol. 6, 1999)

#### 1.4.5. *Titanium Silicate*

Rumus kimia :  $\text{Ti}(\text{SiO})_4$

Berat molekul : 223,8 g/mol

Wujud : Padat

Penampakan : Putih

(ACS Material, 2019)

#### 1.4.6. Propilen Oksida

Rumus kimia :  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$

Berat molekul : 58,08 g/mol

Wujud : Cair

Penampakan : Tidak berwarna

Titik leleh : -112,2°C

Titik didih : 34,3°C

Tekanan kritis : 49,2 bar

Temperatur kritis : 482,2 K

(Coulson & Richardson Vol. 6, 1999)

## DAFTAR PUSTAKA

- Acros Organics. 2019. *Propylene Oxide.* (online).  
<https://www.fishersci.com/shop/products/propylene-oxide-99-5-extra-pure-acroseal-acros-organics-2/AC430861000>. (Diakses pada tanggal 30 Maret 2020).
- ACS Material. 2020. *Material Catalogs.* (online).  
<https://www.acsmaterial.com/titanium-silicalite-1.html>. (Diakses pada tanggal 3 Juni 2020).
- Alibaba. 2020. *Products.* (online). [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com). (Diakses pada tanggal 3 Juni 2020).
- Americas Generators. 2020. *Diesel Generators.* (online).  
<https://www.americasgenerators.com/product.aspx?id=987&title=400+kw+volvo+diesel+generator+-+non+epa>. (Diakses pada tanggal 3 Juni 2020).
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Tenaga Kerja di Banten.* (online)  
<http://www.bps.com/tenagakerjadibanten>. (Diakses pada tanggal 10 Februari 2020).
- Bank Indonesia. 2020. *Siaran Pers.* (online). [https://www.bi.go.id/ruang-media/siaran-pers/Pages/sp\\_222220.aspx](https://www.bi.go.id/ruang-media/siaran-pers/Pages/sp_222220.aspx). (Diakses pada tanggal 3 Juni 2020).
- Brownell, L. E., dan Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design.* New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Carro. 2020. *Iklan Tanah Industri.* (online). [https://www.jualo.com/tanah-dijual/iklan-tanah-industri-48-ha-nempel-jalan-lingkar-selatan-cilegon?utm\\_source=Trovit](https://www.jualo.com/tanah-dijual/iklan-tanah-industri-48-ha-nempel-jalan-lingkar-selatan-cilegon?utm_source=Trovit). (Diakses pada tanggal 3 Juni 2020).
- Cermati. 2019. *Hitung-Hitungan Biaya Membangun Rumah Minimalis.* (online).  
<https://www.cermati.com/artikel/hitung-hitungan-biaya-membangun-rumah-minimalis>. (Diakses pada tanggal 3 Juni 2020).

- Coulson dan Richardson's. 2003. *Chemical Engineering Volume VI 3<sup>th</sup> Edition.* New York: Butterworth-Heinemann.
- Felder, R. M. dan Rousseau R. W. 2000. *Elementary Principles of Chemical Process, 3rd Edition.* New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Fogler, H. S. 2001. *Elements of Chemical Reaction Engineering 3<sup>th</sup> edition.* New Jersey: Prentice Hall PTR.
- Global Petrol Price. 2020. *Indonesian Diesel Prices.* (online). [https://www.globalpetrolprices.com/Indonesia/diesel\\_prices/](https://www.globalpetrolprices.com/Indonesia/diesel_prices/). (Diakses pada tanggal 3 Juni 2020).
- Hermiyati, R. P. 2018. Prarancangan Pabrik Propilen Oksida dari Propilen dan Asam Perasetat Kapasitas 45.000 Ton/Tahun. Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- IHS Markit. 2019. *Propylene Oxide Chemical Economic Handbook.* (online). <https://ihsmarkit.com/products/propylene-oxide-chemical-economics-handbook.html>. (Diakses pada tanggal 3 Februari 2020).
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia.* Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Jentoft, F. C. 2014. *Advances in Catalyst Volume 57.* USA: University of Oklahoma.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. 2018. Kebutuhan Air Domestik dan Non-domestik. (online). [www.pu.go.id](http://www.pu.go.id). (Diakses pada tanggal 28 Juni 2020).
- Kern. D.G. 1965. *Process Heat Transfer.* Tokyo: International Edition Mc Graw Hill Book Company.
- Kirk, K.E, dan Other, D.F. 1978. *Encyclopedia of Chemical Technology Volume IX 3<sup>rd</sup> Edition.* New York: John Willey and Sons Inc.
- KLM Technology Group. 2011. *Layout and Spacing (Project Standards and Specification).* (online). [www.klmtechgroup.com](http://www.klmtechgroup.com). (Diakses pada tanggal 10 Februari 2020)
- Loba Chemie. 2017. *Acetonitrile.* (online). <https://www.lobachemie.com/High-Purity-Solvents-00015/Acetonitrile-Casno-75-05-8.Aspx>. (Diakses pada tanggal 3 Juni 2020).

- Matche. 2019. *Data Harga Peralatan*. (online). <http://www.matche.com>. (Diakses pada tanggal 30 Mei 2020)
- Mc Cabe, Smith, dan Harriot. 1986. *Unit Operation of Chemical Engineering, 4<sup>th</sup> Edition*. Tokyo: Mc Grow Hill Book Company.
- Perry, R. H, dan Greeen, D. W. 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbooks 7<sup>th</sup> edition*. New York: Mc Graw Hill Book.
- Peter, M.S., dan Timmerhaus, K.D. 1981. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 3rd edition*. New York: Mc Graw Hill International Book Company.
- Pradicta, C. Y. 2010. Prarancangan Pabrik *Polyurethane* dari *Methylene Diphenyl Diisocyanate* (MDI) dan *Poly Teteramethylene Eter Glycol* (POLYOL) dengan Proses *One Shot* Kapasitas 10.000 Ton/Tahun. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- PT Chandra Asri. 2020. *Product Specification Propylene*. (online). <http://www.chandra-asri.com/our-business/product/olefins>. (Diakses pada tanggal 5 Februari 2020).
- PT Peroksida Indonesia Pratama. 2012. The Product Hydrogen Peroxide. (online). <https://ptpip.co.id/profil/theproducts/> (Diakses pada tanggal 5 Februari 2020).
- Shin, S. B. 2011. *Catalytic Reaction Engineering of Propene Epoxidation with Hydrogen Peroxide Over Titanium Silicate (TS-1)*. Imperial Colllege London: London, United Kingdom.
- Smith, J. M. 1982. *Chemical Engineering Kinetics 2<sup>nd</sup> Edition*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbot, M. M. 2001. *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. *Tentang Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan*. SNI 03-6197-2000.
- The Engineering Toolbox. 2019. *Engineering ToolBox*. (online). <https://www.engineeringtoolbox.com/>. (Diakses pada 28 Mei 2020).

- Treyball, R. E. 1981. *Mass Transfer Operation, 3<sup>rd</sup> edition.* Singapore: McGrawHill Book Company.
- UN Comtrade. 2020. *International Trade Statistic Database.* (online). <https://comtrade.un.org/data/> (Diakses pada tanggal 5 Februari 2020).
- United National Environment Program. 2018. *Energy Efficiency Guide for Industry in Asia.* (online). [www.energyefficiencyasia.org](http://www.energyefficiencyasia.org) (Diakses pada tanggal 28 Mei 2020)
- US 2019/0210989 A1. *A Processes for Purifying Propylene Oxide.* (11 Juli 2019).
- US Patent No. 9,738,616 B2. *Process for Preparing Propylene Oxide.* (22 Agustus 2017).
- Vibrandt, F. C., dan Dryden, C. E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design Volume IV 4<sup>th</sup> Edition.* New York: McGraw-Hill International Book Company.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment.* Boston: Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering.
- Wingjosoebroto, S. 2009. *Tata Letak Pabrik dan Pemidahan Bahan.* Surabaya: Guna Widya.
- Yaws, C. L., 1996. *Handbook Of Thermodynamic Diagrams Vaolume IV.* Texas: Gulf Publishing Company.