

**PRA RENCANA**  
**PABRIK PEMBUATAN ASAM AKRILAT DARI GLISEROL**  
**KAPASITAS PRODUKSI 70.000 TON/TAHUN**



**SKRIPSI**

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

**OLEH :**

**DESY CRISNA TALERA** **03031281419093**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2018**

## **HALAMAN PENGESAHAN**

PRA RENCANA PABRIK  
PEMBUATAN ASAM AKRILAT DARI GLISEROL DENGAN KAPASITAS  
PRODUKSI 70.000 TON/TAHUN

### **SKRIPSI**

Diduplikasi untuk melengkapi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana

Oleh:

Desy Crisna Talera  
03031281419093

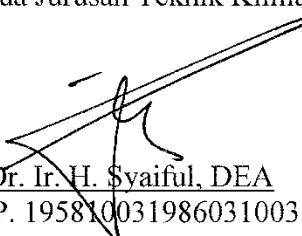
Indralaya, Mei 2018

Pembimbing



Ir. Hj. Siti Miskah M.T  
NIP. 195602241984032002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Asam Akrilat dari Gliserol dengan Kapasitas Produksi 70.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan Desy Crisna Talera di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 Mei 2018.

Palembang, Mei 2018

## Tim Pengaji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Ir. Hj. Susila Arita R, DEA  
NIP.196010111985032002
  2. Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003
  3. Dr. Tuti Indah Sari S.T., M.T.  
NIP. 197502012000122001
  4. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si.  
NIP. 198606292008122002
  5. Ir. Hj. Siti Miskah, M.T.  
NIP.195602241984032002

( John )

( John )

( John 18 )

( John )

( John )

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Dr. Ir. H. Syaiful, DEA

NIP: 195810031986031003

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Desy Crisna Talera  
NIM : 03031281419093  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Asam Akrilat dari Gliserol dengan Kapasitas Produksi 70.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Marta Sri Ayuni 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.

Indralaya, 20 Mei 2018



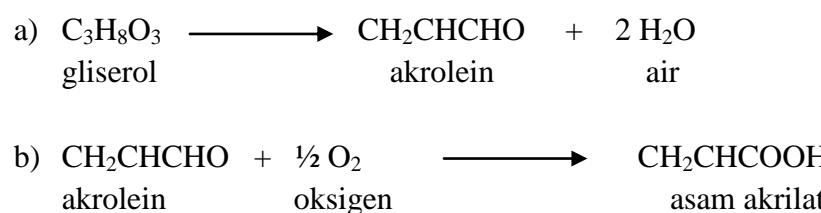
Desy Crisna Talera

NIM. 03031281419093

## ABSTRAK

Pabrik pembuatan asam akrilat dengan kapasitas 70.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri tahun 2021 di Kawasan Industri Lubuk Gaung, Dumai, Provinsi Riau seluas 3 ha.

Proses pembuatan asam akrilat ini menggunakan metode *Glycerol Dehydration-Acrolein Oxidation Route* dengan katalis boron fosfat dan *molybdenum-vanadium oxide*. Kondisi operasi pembuatan asam akrilat adalah 300°C dan tekanan 2,9 atm pada Reaktor-01, dan 285°C dan tekanan 2,6 atm pada Reaktor-02. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Perusahaan pabrik pembuatan asam akrilat ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan pimpinannya adalah direktur utama. Sistem organisasi perusahaan ini adalah *line and staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 105 orang.

Hasil dari analisa ekonomi Pra-rencana Pabrik Pembuatan Asam Akrilat ini sebagai berikut.

- |                                        |            |                |
|----------------------------------------|------------|----------------|
| 1) <i>Total Capital Investment</i>     | = US \$    | 429,423,383.76 |
| 2) <i>Selling Price</i>                | = US \$    | 339,500,000.00 |
| 3) <i>Total Production Cost</i>        | = US \$    | 145,981,670.82 |
| 4) <i>Annual Cash Flow</i>             | = US \$    | 157,017,705.47 |
| 5) <i>Pay Out time</i>                 | = 2 tahun  |                |
| 6) <i>Rate of Return on Investment</i> | = 36,62%   |                |
| 7) <i>Discounted Cash Flow</i>         | = 35,52%   |                |
| 8) <i>Break Even Point</i>             | = 29,68%   |                |
| 9) <i>Service Life</i>                 | = 11 tahun |                |

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha esa, atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Asam Akrilat dari Gliserol Kapasitas Produksi 70.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung, mendoakan, dan memberikan bantuan selama pengerjaan tugas akhir ini, yaitu:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan baik secara materil maupun moril.
2. Ibu Ir. Hj. Siti Miskah, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, bantuan, saran-saran, dan motivasi.
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah berkontribusi hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Inderalaya, Mei 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	i
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	ii
<b>DAFTAR ISI .....</b>	iii
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	v
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	vii
<b>INTISARI .....</b>	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan .....	2
1.3. Macam Proses Pembuatan .....	2
1.4. Sifat Fisika .....	4
<b>BAB II PERENCANAAN PABRIK</b>	
2.1. Alasan Pendirian Pabrik .....	8
2.2. Pemilihan Kapasitas .....	8
2.3. Pemilihan Bahan Baku .....	9
2.4. Pemilihan Proses .....	9
2.5. Uraian Proses .....	11
<b>BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK</b>	
3.1. Lokasi Pabrik .....	13
3.2. Letak Pabrik .....	16
3.3. Rincian Area Pabrik .....	17
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS</b>	
4.1. Neraca Massa .....	20
4.2. Neraca Panas .....	24
<b>BAB V UTILITAS</b>	
5.1. Unit Penyediaan Steam .....	31
5.2. Unit Penyediaan Air .....	32

5.3. Unit Penyediaan Refrigeran .....	36
5.4. Unit Penyediaan Tenaga Listrik .....	37
5.5. Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	39
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>41</b>
<b>BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN</b>	
7.1. Struktur Organisasi .....	70
7.2. Manajemen Perusahaan.....	71
7.3. Kepegawaian .....	71
7.4. Penentuan Jumlah Pekerja .....	73
<b>BAB VIII ANALISA EKONOMI</b>	
8.1. Keuntungan .....	78
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal .....	79
8.3. Total Modal Akhir .....	81
8.4. Laju Pengembalian Modal .....	83
8.5. Break Even Point .....	84
<b>BAB IX KESIMPULAN.....</b>	<b>88</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>89</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>92</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>106</b>

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Data Impor Asam Akrilat Negara ASEAN .....	8
Tabel 2.2. Perbandingan Proses Pembuatan Asam Akrilat .....	10
Tabel 7.1. Pembagian Jam Kerja Pekerja Shift .....	73
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan .....	75
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal TCI .....	80
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi .....	86

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 3.1. Peta Lokasi Pabrik .....	14
Gambar 3.2. Lokasi Pabrik berdasarkan Google Maps .....	14
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	77
Gambar 8.1. Break Even Point .....	85

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Neraca Massa .....	106
Lampiran 2. Neraca Panas .....	147
Lampiran 3. Spesifikasi Peralatan .....	225
Lampiran 4. Analisa Ekonomi .....	416

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

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

Perkembangan industri sangat berpengaruh terhadap perkembangan ekonomi di Indonesia. Seiring dengan perkembangan industri tersebut terjadi pula peningkatan kebutuhan atau produksi bahan baku dan bahan pendukung. Salah satunya adalah sektor industri kimia yang turut memegang peranan penting dalam memajukan perindustrian di Indonesia. Inovasi proses produksi maupun pembangunan pabrik baru bertujuan untuk mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap produk luar negeri dan menambah devisa negara, salah satunya adalah dengan pembangunan pabrik asam akrilat.

Asam akrilat merupakan bentuk sederhana dari asam karboksilat tak jenuh. Asam akrilat memiliki nama IUPAC *propenoic acid* dengan rumus kimia  $\text{CH}_2\text{CHCOOH}$ . Asam akrilat berwujud cair pada suhu kamar, tak berwarna, dan berbau tajam (Linza, 2014). Asam akrilat merupakan bahan kimia yang penting karena merupakan bahan *intermediate* dari banyak senyawa kimia lainnya dan juga karena aplikasinya yang sangat luas. Asam akrilat digunakan untuk ester akrilik, polimer akrilik, serta turunan lainnya. Berdasarkan jenis aplikasinya, asam akrilat merupakan bahan untuk industri pelapis, perekat, bahan aditif plastik, surfaktan, flokulasi, tekstil, kosmetik, serta cat. Seiring dengan meningkatnya penggunaan plastik pada saat ini, maka kebutuhan pabrik plastik akan asam akrilat juga akan meningkat karena salah satu manfaat asam akrilat ialah untuk bahan aditif plastik.

Asam akrilat saat ini telah diproduksi secara komersial dan merupakan asam paling penting dalam industri kimia. Pada saat ini sebagian besar kebutuhan asam akrilat di Indonesia didatangkan langsung dari luar negeri, diantaranya dari Cina, Jepang, dan Korea Selatan (Linza, 2014). Semakin meningkatnya perkembangan industri kimia di Indonesia, diperkirakan permintaan asam akrilat sebagai bahan baku, maupun bahan pembantu pada tahun-tahun mendatang juga akan meningkat.

Pendirian pabrik asam akrilat di Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan asam akrilat dalam negeri dan kawasan ASEAN, meningkatkan pemasukan negara dari sektor pajak, menciptakan lapangan pekerjaan, serta mendorong pertumbuhan industri turunan asam akrilat di Indonesia.

## 1.2. Sejarah dan Perkembangan

Asam akrilat diproduksi secara komersil sejak tahun 1920, tetapi produksi secara besar-besaran baru dilakukan pada tahun 1925. Asam akrilat pertama kali diproduksi menggunakan metode *acetylene route*. Penemu dari proses ini adalah Walter Reppe. Penemu mereaksikan nikel karbonil dengan asetilen dan air untuk menghasilkan asam akrilat. Proses Reppe dimodifikasi oleh Rohm dan Haas dari Houston pada tahun 1976 dan menghasilkan proses oksidasi propilen (Linza, 2014). Di Amerika hanya ada 5 perusahaan penghasil asam akrilat, diantaranya:

- 1) Rohm dan Hass. Co

Perusahaan ini menggunakan proses semi katalitik yang menggunakan alkohol, nikel karbonil, karbon monoksida, dan hidrogen klorida.

- 2) Union Cabide Operate

Perusahaan ini merupakan perusahaan yang pertama kali menggunakan oksidasi propilen untuk menghasilkan asam akrilat.

- 3) Celanese

Perusahaan ini mendapat izin dari B. F. Goodrich dan menggunakan proses *propiolactone route*.

- 4) Dow Badische Operate

Perusahaan ini menggunakan proses Reppe pada tekanan tinggi dengan proses esterifikasi untuk menghasilkan etil, butyl, dan 2-etil heksil ester dan asam akrilat.

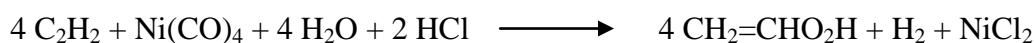
- 5) B. F. Goodrich

Perusahaan ini menggunakan *propiolactone route* untuk menghasilkan asam akrilat.

### 1.3. Proses Pembuatan

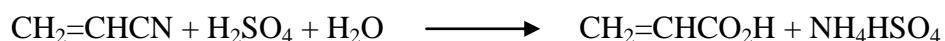
#### 1) Acetylene Route

Pembuatan asam akrilat secara komersil dilakukan dengan memisahkan nikel klorida dan mengembalikannya ke reaksi sintesa nikel karbonil. Proses ini menghasilkan produk samping yaitu asam propionat yang sangat sulit dipisahkan dari asam akrilat.



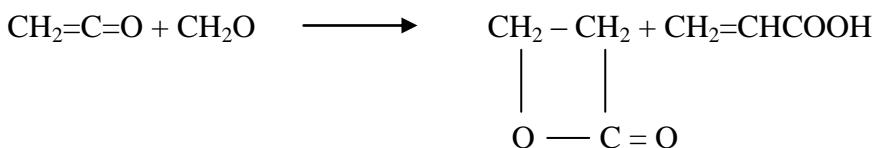
#### 2) Acrylonitrile Route

Proses ini adalah proses hidrolisa asam sulfat dan akrilonitril. Akrilonitril direaksikan dengan asam sulfat dan air yang berlebih pada suhu 100°C menghasilkan asam akrilat. Kelemahan proses ini adalah mahalnya bahan baku yang digunakan.



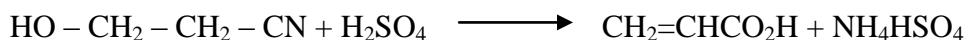
#### 3) Ketene Route

Proses ini menggunakan bahan baku asam asetat atau aseton yang dipirolysis menjadi ketene, kemudian ketene direaksikan dengan formaldehid untuk menghasilkan  $\beta$ -propiolakton. Lakton ini diubah menjadi asam akrilat.



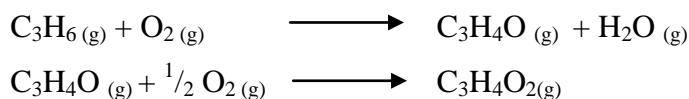
#### 4) Ethylene Cyanohidrin Route

Proses ini adalah proses hidrolisa antara *ethylene cyanohidrin* dan asam sulfat dengan produk samping amonium sulfat dari 85% asam sulfat.



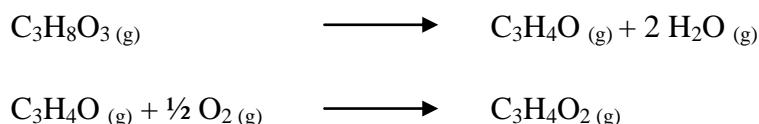
#### 5) Propylene Oxidation Route

Proses yang paling ekonomis untuk pembuatan asam akrilat yang didasarkan pada dua tahap, pertama menghasilkan akrolein, kemudian dioksidasi menjadi asam akrilat.



#### 6) *Glycerol Dehydration-Acrolein Oxidation Route*

Proses ini merupakan salah satu proses terbaru yang dikembangkan oleh para ahli, seiring dengan meningkatnya ketersediaan gliserol yang merupakan hasil samping produksi biodiesel. Gliserol didehidrasi menjadi akrolein dengan bantuan katalis, kemudian akrolein dioksidasi dengan bantuan katalis menjadi asam akrilat.



#### 1.4. Sifat Fisika

Sifat fisika bahan baku, katalis, dan produk merupakan salah satu informasi penting dalam desain suatu pabrik. Berdasarkan Yaws 1999, informasi khusus sifat fisika dan kimia untuk pabrik pembuatan asam akrilat menggunakan proses US 9,371,261 B2.

##### a) Gliserol

Rumus molekul	: C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>
Massa molekul	: 92,095 gr/mol
Fase pada suhu kamar	: Liquid
Titik beku	: 17,8°C
Titik didih	: 289,8°C
Temperatur kritis	: 726 K
Tekanan kritis	: 66,9 bar

##### b) Air

Rumus molekul	: H <sub>2</sub> O
Massa molekul	: 18,015 gr/mol
Fase pada suhu kamar	: Liquid
Titik beku	: 0°C
Titik didih	: 100°C
Temperatur kritis	: 374,15°C
Tekanan kritis	: 220,5 bar

##### c) Akrolein

- Rumus molekul : C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O  
Massa molekul : 56,064 gr/mol  
Fase pada suhu kamar : Liquid  
Titik beku : -87,2°C  
Titik didih : 52,8°C  
Temperatur kritis : 506 K  
Tekanan kritis : 51,7 bar
- d) Propionaldehida  
Rumus molekul : C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O  
Massa molekul : 58,08 gr/mol  
Fase pada suhu kamar : Liquid  
Titik beku : -80,2°C  
Titik didih : 47,8°C  
Temperatur kritis : 496 K  
Tekanan kritis : 47,6 bar
- e) Hidroksiaseton  
Rumus molekul : C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>  
Massa molekul : 74,08 gr/mol  
Fase pada suhu kamar : Liquid  
Titik beku : -17°C  
Titik didih : 145,5°C  
Temperatur kritis : 596 K  
Tekanan kritis : 57,4 bar
- f) Asetaldehida  
Rumus molekul : CH<sub>3</sub>COH  
Massa molekul : 44,053 gr/mol  
Fase pada suhu kamar : Liquid  
Titik beku : -123°C  
Titik didih : 20,4°C  
Temperatur kritis : 187,85°C

- Tekanan kritis : 55,7 bar
- g) Asam Asetat
- Rumus molekul : CH<sub>3</sub>COOH
- Massa molekul : 60,053 gr/mol
- Fase pada suhu kamar : Liquid
- Titik beku : 16,66°C
- Titik didih : 117,9°C
- Temperatur kritis : 319,56°C
- Tekanan kritis : 57,9 bar
- h) Asam Format
- Rumus molekul : CH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- Massa molekul : 46,025 gr/mol
- Fase pada suhu kamar : Liquid
- Titik beku : 8,3°C
- Titik didih : 100,06°C
- Temperatur kritis : 306,85°C
- i) Asam Propionat
- Rumus molekul : C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>
- Massa molekul : 74,08 gr/mol
- Fase pada suhu kamar : Liquid
- Titik beku : -20,7°C
- Titik didih : 140,8°C
- Temperatur kritis : 612 K
- Tekanan kritis : 53,7 bar
- j) Asam Akrilat
- Rumus molekul : C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>
- Massa molekul : 72,064 gr/mol
- Fase pada suhu kamar : Liquid
- Titik beku : 11,8°C
- Titik didih : 140,8°C
- Temperatur kritis : 341,85°C

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2012. *Asam Akrilat*. Badan POM RI: Jakarta.
- Anonim. 2012. *Wilmar Oleochemical*. (online): [http://www.wilmariinternational.com/wpcontent/uploads/2012/11/Wilmar\\_Oleo\\_Brochure.pdf](http://www.wilmariinternational.com/wpcontent/uploads/2012/11/Wilmar_Oleo_Brochure.pdf) (Diakses pada tanggal 20 Oktober 2017).
- Anonim. 2015. *Economic Indicators*.(online):<http://www.chemengonline.com/pci>. (Diakses pada tanggal 27 April 2018).
- Anonim. 2015. *Catalyst Molybdenum Vanadium*. (online): <http://link.springer.com/article/10.1007/bf00765198>. (Diakses pada tanggal 20 November 2017).
- Anonim. 2016. *Acrylic Acid 97%*. (online): <http://www.alibaba.com/trade/search?searchtext=acrylic%20acid%2099.5%25min>. (Diakses pada tanggal 20 April 2018).
- Anonim. 2016. *Caltex Marine and Industrial Diesel Fuel*. (online) <http://www.caltex.com/my/business/commercial-and-industrial-products/marine-and-industrial-diesel-fuel.html>.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03-6197-2000: Konversi Energi pada Sistem Pencahayaan*.
- Brownell, L.E. and Young, E.H. 1979. *Process Equipment Design*. Wiley Eastern Limited: New York.
- Craig, B. D. dan Anderson, D. B. 1995. *Handbook of Corrosion Data*. ASM International: Colorado.
- Ezawa, T., M. Okada, dan Y. Arita. 2013. *Catalyst for Glycerin Dehydration and Process for Producing Acrolein, Process for Producing Acrylic Acid, and Process for Producing Hydrophilic Resin Each Using The Catalyst*. US. Patent Publication No. 20130018161 A1.
- Fauconet, M., & Valmont. 2016. *Method for Producing Bioresourced Acrylic Acid from Glycerol*. US Patent Publication No. 9,371,261 B2.
- Felder, R. M., & Ronald, W. R. 2005. *Elementary Principles of Chemical Processes, 3<sup>rd</sup> Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

- Fogler, S. 1992. *Elements of Chemical Reaction Engineering, 2<sup>nd</sup> Edition.* New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Gao, S. 1998. *The Depedence of the Acidity on Stoichiometry.* (online): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021951798922679>. (Diakses pada tanggal 12 Maret 2018).
- Google Maps. 2017. *Google Maps.* (Online). <http://www.google.co.id/maps/place>. (Diakses pada tanggal 26 Oktober 2017).
- Haar, L., dan John S. G. 1978. *Thermodynamic Properties of Ammonia.* Jurnal Phys. Chem. Ref. Data, Volume 7, Nomor 3.
- Hadi, A. 2007. *Pengolahan Limbah Cair Industri.* Jurnal Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan, (Hal: 1-40).
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia.* Unsri: Palembang.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer.* McGraw-Hill Book Co: New York.
- Kirk, O. 2004. *Encyclopedia of Chemical Technology 4<sup>th</sup> Edition.* USA: John Wiley & Son.
- Levenspiel, Octave. 1999. *Chemical Reaction Engineering, Third Edition.* John Wiley & Sons Inc: USA.
- Ludwig, E. E., 1997. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Volume 2, Third Edition.* Gulf Publishing Co: Houston.
- McCabe, W. L., 1995. *Unit Operations of Chemical Engineering.* Mc Graw-Hill Book Co: New York.
- Matches. 2015. *Matche's Process Equipment Cost Estimates.* (online). [www.matche.com](http://www.matche.com). (Diakses pada tanggal 10 April 2018).
- Moriguchi, T. 2013. *Process for Producing acrylic acid.* US 8404887 B2.
- Moriguchi, T. dan Y. Arita. 2013. *Process for Producing Acrylic Acid.* US Patent Publication No. 8,404,887 B2.
- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7<sup>th</sup> Edition.* McGraw-Hill Book Co: New York.
- Peters, M.S. dan K.D. Timmerhaus. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Fourth Edition.* Mc Graw-Hill Book Co: New York.

- Peterson, C.J., dkk. 2015. *Processes for Producing Acrylic Acid and Acrylates*. US Patent Publication No. 9,193,661 B2.
- Sinnot, R. K. 2005. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering, Volume 6, Fourth Edition: Chemical Engineering Design*. Elsevier Butterworth-Heinemann: Oxford.
- Smith, J.M. dan H. C. Van Ness. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, Sixth Edition*. Mc Graw-Hill Book Co: New York.
- Treyball, R.E. 1980. *Mass Transfer Operation*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Tsuneki, H., dkk. 2016. *Processes for Producing Acrolein, Acrylic Acid and Derivatives Thereof*. US Patent Publication No. 9,422,377 B2.
- UN Comtrade. 2016. *The United Nations Commodity Trade Statistics Database*. (Online). <http://www.comtrade.un.org/data/>. (Diakses pada tanggal 9 Oktober 2017).
- Victor, B., et.al. 2008. *Physics, Chemistry And Application Of Nanostructures*. Reviews: USA.
- Vilbrandt, F. C., & Dryden, C. E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*. New York: McGraw Hill.
- Walas, S.M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Butterworth-Heinemann: New York.
- Welty et.al. 2008. *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer, Fifth Edition*. John Wiley & Sons Inc: USA.
- Winkle, M. V. 1967. *Distillation*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Yanagita, M., dkk. 1971. *Processes for The Producing of Acrylic Acid*. US Patent Publication No. 3,567,772.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill Book Co: New York.