

**PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN OKSIDA DARI
PROPILEN DAN ASAM PERASETAT**

KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

(Perancangan Reaktor (RE-201))

(Skripsi)

Oleh :

RIA PUTRI HERMIYATI



JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2018

ABSTRACT

PRADESIGN OF PROPYLENE OXIDE PLANT FROM PROPYLENE AND PERACETIC ACID WITH CAPACITY 45.000 TONS/YEAR (Reactor Design (RE-201))

By
RIA PUTRI HERMIYATI

Propylene Oxide is one of the product industry chemicals are used as the raw materials for *polyurethane, polyether polyols, propylene glycol, glycol ethers*. Propylene Oxide can be produced by some of the process is : 1) Process Direct Oxidation, 2) Procces from Peracetic Acid. Provision of utility plant needs a treatment system and water supply, cooling water, and Generator electrical power system.

Capacity of the plant is planned to production propylene oxide is 45.000 tons/year with 330 working days in a year. The location of plant is planned in Bojonegara, Banten. Labor needed in this plant as many as 172 people with a business entity form Limited Liability Company (PT) with line and staff organizational structure.

From teh economic analysis is obtained :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 520.731.411.982
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 91.893.778.585
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 612.625.190.567
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 36,66%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 19,99%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 1,37years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 1,66 years
<i>Return onInvestment before taxes</i>	(ROI) _b	= 53,33%
<i>Return onInvestment after taxes</i>	(ROI) _a	= 42,66%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 50,56%

By considering above the summary, it is proper establishment of propylene oxide plant for studied further, because the plant is profitable and has good prospects future.

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN OKSIDA DARI PROPILEN DAN ASAM PERASETAT DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 45.000 TON/TAHUN

Tugas Khusus Perancangan *Reactor* (RE-201)

Oleh

RIA PUTRI HERMIYATI

Propilen Oksida merupakan salah satu produk industri kimia yang digunakan sebagai bahan baku industri kimia seperti industri *polyurethane*, *polyether polyols*, *propylene glycol*, *glycol ethers*, dan beberapa produk lain. Propilen oksida dapat di produksi dengan beberapa proses yaitu 1) proses oksidasi langsung, 2) Proses *Peracetic Acid*. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem penyediaan *steam*, *cooling water*, sistem penyediaan udara dan sistem pembangkit tenaga listrik.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan 45.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Kec. Bojonegara, Kab. Serang, Banten. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 172 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Pemasaran dan Keuangan dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 520.731.411.982
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 91.893.778.585
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 612.625.190.567
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 36,66%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 19,99%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 1,37years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 1,66 years
<i>Return onInvestment before taxes</i>	(ROI) _b	= 53,33%
<i>Return onInvestment after taxes</i>	(ROI) _a	= 42,66%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 50,56%

Mempertimbangkan rangkuman di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik propilen oksida ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

**PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN OKSIDA DARI
PROPILEN DAN ASAM PERASETAT**

KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

(Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh :

RIA PUTRI HERMIYATI

(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Lampung



JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2018

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN OKSIDA
DARI PROPILEN DAN ASAM PERASETAT
KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor (RE-201))**

Nama Mahasiswa : **Ria Putri Hermiyati**

No. Pokok Mahasiswa : 1215041039

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik



Dr. Herti Utami, S.T., M.T.
NIP 19711219200000 32001

Muhammad Hanif, S.T., M.T.
NIP 19850312 200812 2004

2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

Ir. Azhar, M.T.
NIP. 19660401 199501 1 001

MENGESAHKAN

I. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Hertl Utami, S.T., M.T.



Sekretaris

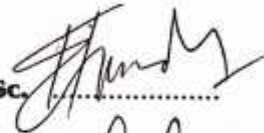
: Muhammad Hanif, S.T., M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.



Lia Lismeri, S.T., M.T.



Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 April 2018

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, 22 April 2018



Ria Putri Hermiyati
NPM. 1215041039

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kalipapan-Lampung, pada tanggal 14 Mei 1994, sebagai putri keempat dari enam bersaudara, dari pasangan Bapak Resuyatno dan Ibu Inem. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Negeri 1 Kalipapan pada tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama Negeri 6 Kotabumi pada tahun 2009, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Kotabumi pada tahun 2012.

Pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Penerimaan Jalur Mandiri UNILA (UM-UNILA) 2012. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi anggota Divisi Dana dan Usaha Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Periode 2013-2014, menjadi Sekretaris Divisi Dana dan Usaha Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Lampung Periode 2014–2015.

Penulis juga pernah menjadi Asisten Praktikum Instruksional 1 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2015/2016.

Pada tahun 2016, penulis melakukan Kerja Praktek di PT. PERTAMINA (Persero) yang berlokasi di Palembang, Sumatera Selatan. Ditempatkan di bagian

CD & GP – *Production* dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Pre-Heater* E-108 B unit *Crude Distiller & Gas Plant*”.

Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Pada Sintesis *-Terpineol* dari Terpentin dengan menggunakan Katalis Zeolit Alam Lampung”.

Motto Dan Persembahan

*"Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu maka ia berada
dijalan Allah hingga ia pulang"*

(HR: Tarmidzi)

*"Barang siapa berjalan untuk menuntut ilmu maka Allah
akan memudahkan baginya jalan menuju surga"*

(HR: Muslim)

*"Sesungguhnya Allah akan meningkatkan beberapa derajat
orang - orang yang beriman diantaramu dan orang – orang
yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat"*

(Qs. Al-Mujadalah : 11)

" keep moving, keep going, keep doing, and you will get there"

(Dr.Elida Purba, S.T., M.Sc., 2015)

If you wanna make your dream comes true, wake up!!

Sebuah Karya kecilku....

Dengan segenap hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

*Allah SWT,
Atas kehendak-Nya semua ini ada
Atas rahmat-Nya semua ini aku dapatkan
Atas kekuatan dari-Nya aku bisa bertahan.*

*Orang tuaku sebagai tanda baktiku, terima kasih atas segalanya,
doa, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, dan keikhlasannya.
Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan
berjuta-juta pengorbanan dan kasih sayang
yang tidak pernah berakhir.*

Adik-adik ku atas segalanya, kasih sayang dan doa.

*Guru-guruku sebagai tanda hormatku,
terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.*

*Kepada Almamaterku tercinta,
semoga kelak berguna dikemudian hari.*

Seorang motivator dan pemberi semangat saat pengerjaan skripsi ini

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Mahakuasa dan Maha Penyayang, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Propilen Oksida dari Propilen dan Asam Perasetat dengan Kapasitas 45.000 Ton /Tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Azhar, M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Kimia yang telah memberikan bantuan untuk kelancaran proses belajar selama di kampus.
2. Ibu Dr. Herti Utami S.T. M.T sebagai dosen Pembimbing I Tugas Akhir dan juga sebagai dosen Pembimbing Penelitian atas segala ilmu, kesabaran, saran, dan kritiknya dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Muhammad Hanif., S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing II atas segala ilmu, kesabaran, saran, dan kritiknya dalam pengerjaan tugas akhir.
4. Ibu Dr. Lilis Hermida., S.T., M.Sc., dan Lia Lismeri., S.T., M.T., sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan saran, kritik dan semua ilmu yang telah penulis dapatkan.

5. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
6. Keluargaku tercinta, Bapak dan Ibu, atas pengorbanan, doa, cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi disetiap langkahku. Kakak dan Adikku atas kasih sayang, doa, dukungan, kepercayaan, ketulusan, bantuan dan semangat. Semoga Allah yang Mahakuasa dan Maha Penyayang memberikan perlindungan dan Karunia-Nya.
7. Sahabat terbaikku Fita Desti Senja yang selalu ada saat suka, canda dan tawa, serta selalu mengajarku dalam segala hal tentang kehidupan.
8. Dwi Derti Sulistiowati sebagai partner Penelitian dan Tugas Akhir yang telah menjadi teman diskusi, teman berbagi kesulitan pengerjaan, dan selalu berbagi semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Elliza Novia Shinta, Riana Okta Lestari, Ferra Mayasari, Devi Purnamasari, Riyama Ambarwati, dan Endah Masayu atas segala bantuan dan kebaikannya selama ini.
10. Teman Angkatan 2012 Achmad ariyadi, Agus Rivaldy Kurnia, Alexander Bagaskara, Alip Tania Putri, Amelia Virgiyani Sofyan, Azelia Wulan Chindradewi, Chandra Wahyu Umbara, Debby Indah P.S, Dita Synthauli Evaniya, Elisa Agustina, Erfina Febrianti, Fahmi Alzie Putra, Fakih Aulia Rahman, Finka Pertama Putri, Garnis Eka Putra, Jennifer Mentari, Lina Sari, M.Yassien Nurfiqih, M.Yusuf, Milian Asha Bio, Nur Fitri Wulandari, Nurul Desfa Jaya, Nyayu Fathia Zahra, Reni Rukma Winarti, Rhiki Sekti Utami, Rico H sinaga, Rio Elry, Sakha Abdussalam, Siti Khoiriah, Suhendra, Teti Selfiana, Ulfa Octi Rezkiani, Ulfah Nur

Khikmah, Verraprinita Arrizal, Yohanna Fransiska BP, Yolanda Sefriantina, Yuliana, Zulfa Fauziyyah.

11. Adik-adik dan kakak-kakak tingkat di Jurusan Teknik Kimia, yang banyak memberikan warna-warni selama baerada di kampus.
12. Moch Muhaimin atas kasih sayang, doa, dukungan, kepercayaan, ketulusan, bantuan dan juga banyak memberikan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
13. Teman-teman KKN desa Mulya jaya (Kamto, Aul, Eno, Mba Put, Gusti dan Idham) atas kebersamaan dan kerjasama nya.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini berguna.

Bandar Lampung, April 2018
Penulis,

Ria Putri Hermiyati

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
RIWAYAT HIDUP	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	viii
SANWACANA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kegunaan Produk	2
1.3 Kapasitas Pabrik.....	2
1.4 Lokasi Pabrik	4
BAB II URAIAN PROSES	
2.1 Jenis-jenis Proses Pembuatan Propilen Oksida	7

2.2. Tinjauan Ekonomi Kasar.....	8
2.2.1. Proses A (Oksidasi Langsung)	8
2.2.2. Proses B (<i>Peracetic Acid</i>).....	10
2.3 Tinjauan Termodinamika	12
2.3.1 Proses oksidasi Langsung	14
2.3.2 Proses <i>Peracetic Acid</i>	15
2.4. Uraian Proses	17
2.4.1 Tahap Persiapan Bahan Baku.....	17
2.4.2 Tahap Reaksi	17
2.4.3 Tahap Pemisahan Produk	18

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Bahan Baku	20
3.1.1 Asam Perasetat ($C_2H_4O_3$)	20
3.1.2 Propilen (C_3H_6).....	20
3.1.3 Propana (C_3H_8)	21
3.2. Produk	21
3.2.1 Propilen Oksida (C_3H_6O)	21
3.2.2 Asam Asetat ($C_2H_4O_3$)	22

BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI

4.1 Neraca Massa	23
4.2 Neraca Energi	28

BAB V SPESIFIKASI ALAT

5.1 Spesifikasi Alat Proses	34
-----------------------------------	----

5.1.1 Tangki Asam Perasetat (ST-101)	34
5.1.2 Tangki Propilen (ST-102)	35
5.1.3 Tangki Propilen Oksida (ST-103)	35
5.1.4 Tangki Asam Asetat (ST-104)	36
5.1.5 Tangki Propana (ST-105)	37
5.1.6 <i>Vaporizer</i> (VP-101)	38
5.1.7 <i>Expander Valve</i> (EXP-101)	39
5.1.8 <i>Heater</i> (HE-101)	39
5.1.9 Reaktor (RE-201)	40
5.1.10 <i>Cooler</i> (CO-101)	41
5.1.11 <i>Cooler</i> (CO-102)	42
5.1.12 <i>Cooler</i> (CO-103)	43
5.1.13 <i>Cooler</i> (CO-104)	44
5.1.14 <i>Cooler</i> (CO-105)	45
5.1.15 Menara Distilasi 1 (MD-301)	46
5.1.16 Menara Distilasi 2 (MD-302)	47
5.1.17 Menara Distilasi 3 (MD-303)	48
5.1.18 Condensor (CD-301)	49
5.1.19 Condensor (CD-302)	50
5.1.20 Condensor (CD-303)	51
5.1.21 Reboiler (RB-301)	52
5.1.22 Reboiler (RB-302)	53
5.1.23 Reboiler (RB-303)	54
5.1.24 Expansion valve (EV-101)	55

5.1.25 Kompresor (K-101)	55
5.1.26 Pompa Proses (PP-201)	56
5.1.27 Pompa Proses (PP-202)	57
5.1.28 Pompa Proses (PP-101)	58
5.1.29 Pompa Proses (PP-102)	59
5.1.30 Pompa Proses (PP-103)	60
5.1.31 Pompa Proses (PP-104)	61
5.1.32 Pompa Proses (PP-105)	62
5.1.33 Pompa Proses (PP-106)	63
5.1.34 Pompa Proses (PP-107)	64
5.1.35 Pompa Proses (PP-108)	65
5.2 Peralatan Utilitas	66
5.2.1 Peralatan Sistem Penyedia Air	66
5.2.1.1 Bak Sedimentasi	66
5.2.1.2 Tangki Alum (ST-401)	66
5.2.1.3 Tangki Soda Kaustik (ST-402)	67
5.2.1.4 Tangki Kaporit (ST-403)	68
5.2.1.5 <i>Clarifier</i> (CL-401)	69
5.2.1.6 <i>Sand Filter</i> (SF-401)	69
5.2.1.7 Tangki Air Filter (FWT-401)	70
5.2.1.8 Tangki <i>Domestic Water Tank</i> (DWT-401)	71
5.2.1.9 <i>Hydrant Water Tank</i> (HWT-401)	71
5.2.1.10 <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	72
5.2.1.11 Tangki Asam Sulfat (ST-404)	73

5.2.1.12 Tangki Dispersan (ST-405)	73
5.2.1.13 Tangki Natrium Fosfat (ST-406)	74
5.2.1.14 <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	75
5.2.1.15 <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	75
5.2.1.16 <i>Demin Water Tank</i> (DWT-401)	76
5.2.2 Unit Penyedia <i>Steam</i>	77
5.2.2.1 <i>Deaerator</i> (DA-401)	77
5.2.2.2 <i>Storage Tank</i> Hidrazin (ST-407)	77
5.2.2.3 <i>Boiler</i> (B-401)	78
5.2.2.4 Tangki Bahan Bakar (ST-408)	79
5.2.2.5 <i>Blower Steam</i> (BL-401)	79
5.2.3 Unit Penyedia Udara Instrumen	80
5.2.3.1 <i>Air Dryer</i> (AD-401)	80
5.2.3.2 Kompresor (AC-401)	80
5.2.3.3 <i>Cyclone</i> (CYC-401)	81
5.2.3.4 <i>Blower</i> Udara (BU-401)	81
5.2.3.5 <i>Blower</i> Udara (BU-402)	81
5.2.3.6 <i>Blower</i> Udara (BU-403)	82
5.2.3.7 <i>Blower</i> Udara (BU-404)	82
5.2.4 Unit Penyedia Listrik	82
5.2.4.1 Generator (GS-401)	82
5.2.4.2 Tangki Penyimpanan Bahan Bakar (ST-409)	83
5.2.5 Pompa Utilitas	83
5.2.5.1 Pompa Utilitas (PU-401)	83

5.2.5.2 Pompa Utilitas (PU-402)	84
5.2.5.3 Pompa Utilitas (PU-403)	85
5.2.5.4 Pompa Utilitas (PU-404)	85
5.2.5.5 Pompa Utilitas (PU-405)	86
5.2.5.6 Pompa Utilitas (PU-406)	86
5.2.5.7 Pompa Utilitas (PU-407)	87
5.2.5.8 Pompa Utilitas (PU-408)	87
5.2.5.9 Pompa Utilitas (PU-409)	88
5.2.5.10 Pompa Utilitas (PU-410)	88
5.2.5.11 Pompa Utilitas (PU-411)	89
5.2.5.12 Pompa Utilitas (PU-412)	89
5.2.5.13 Pompa Utilitas (PU-413)	90
5.2.5.14 Pompa Utilitas (PU-414)	90
5.2.5.15 Pompa Utilitas (PU-415)	91
5.2.5.16 Pompa Utilitas (PU-416)	91
5.2.5.17 Pompa Utilitas (PU-417)	92
5.2.5.18 Pompa Utilitas (PU-418)	92
5.2.5.19 Pompa Utilitas (PU-419)	93
5.2.5.20 Pompa Utilitas (PU-420)	93

BAB VI UTILITAS

6.1 Unit Pengolahan Air.....	94
6.1.1 Air untuk Keperluan Umum dan Sanitasi	95
6.1.2 Air Pendingin	96
6.1.3 Air Umpan <i>Boiler</i>	99

6.1.4 Air Pemadam Kebakaran.....	100
6.2 Penyedia <i>Steam</i>	107
6.2.1 Deaerasi	107
6.2.2 <i>Steam Generator</i>	108
6.3 Unit Penyedia Udara Instrumen	108
6.4 Unit Pembangkit Tenaga Listrik	109
6.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	109
6.6 Laboratorium.....	110

BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK

7.1 Lokasi Pabrik	115
7.2 Tata Letak Pabrik	117
7.3 Estimasi Area Pabrik.....	118

BAB VIII MANAGEMEN DAN ORGANISASI

8.1 Bentuk Perusahaan.....	122
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan	125
8.3 Tugas dan Wewenang	128
8.4 Status Karyawan dan Sistem Penggajian	135

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1 Investasi.....	146
9.2 Evaluasi Ekonomi	150
9.3 Angsuran Pinjaman	153
9.4 <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF).....	153

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan	155
10.2 Saran.....	156

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

LAMPIRAN E

LAMPIRAN F

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1.1 Data Impor Propilen Oksida di Indonesia pada Tahun 2012 – 2016	2
Tabel 2.1 Harga Bahan Baku dan Produk Proses Oksidasi Langsung	8
Tabel 2.2 Harga Bahan Baku dan Produk Proses <i>Peracetic Acid</i>	10
Tabel 2.3 Data H_f^0 Komponen pada Kondisi Standar (298 K).....	13
Tabel 2.4 Data G^0 Komponen pada Kondisi Standar (298 K).....	13
Tabel 2.5 Konstanta masing-masing Komponen	13
Tabel 2.6 Perbandingan Proses Pembuatan Propilen Oksida	16
Tabel 4.1 Neraca Massa <i>Mixpoint</i> (MP-101).....	23
Tabel 4.2 Neraca Massa <i>Mixpoint</i> (MP-102).....	23
Tabel 4.3 Neraca Massa Reaktor (RE-201)	24
Tabel 4.4 Neraca Massa Menara Distilasi 1 (MD-301)	24
Tabel 4.5 Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-301)	25
Tabel 4.6 Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-301)	25
Tabel 4.7 Neraca Massa Menara Distilasi 2 (MD-302)	26
Tabel 4.8 Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-302).....	26
Tabel 4.9 Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-302)	26
Tabel 4.10 Neraca Massa Menara Distilasi 3 (MD-303)	27

Tabel 4.11 Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-303).....	27
Tabel 4.12 Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-303).....	28
Tabel 4.13 Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-101).....	28
Tabel 4.14 Neraca Energi <i>Mixpoint</i> (MP-101).....	28
Tabel 4.15 Neraca Energi <i>Mixpoint</i> (MP-102).....	29
Tabel 4.16 Neraca Energi <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	29
Tabel 4.17 Neraca Energi <i>Expander</i> (EXP-101).....	29
Tabel 4.18 Neraca Energi Reaktor (RE-201).....	30
Tabel 4.19 Neraca Energi Expansion valve (EV-101).....	30
Tabel 4.20 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-101).....	31
Tabel 4.21 Neraca Energi Menara Disitilasi 1 (MD-301).....	31
Tabel 4.22 Neraca Energi Menara Disitilasi 2 (MD-302).....	31
Tabel 4.23 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-102).....	32
Tabel 4.24 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-103).....	32
Tabel 4.25 Neraca Energi Kompresor (K-101).....	32
Tabel 4.26 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-104).....	33
Tabel 4.27 Neraca Energi Menara Disitilasi 3 (MD-303).....	33
Tabel 4.28 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-105).....	33
Tabel 5.1 Spesifikasi Tangki Asam Perasetat (ST-101).....	34
Tabel 5.2 Spesifikasi Tangki Propilen (ST-102).....	35
Tabel 5.3 Spesifikasi Tangki Propilen Oksida (ST-103).....	35
Tabel 5.4 Spesifikasi Tangki Asam Asetat (ST-104).....	36
Tabel 5.5 Spesifikasi Tangki Propana (ST-105).....	37
Tabel 5.6 Spesifikasi <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	38

Tabel 5.7 Spesifikasi <i>Expander Valve</i> (EXP-101).....	39
Tabel 5.8 Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101).....	39
Tabel 5.9 Spesifikasi Reaktor (RE-201)	40
Tabel 5.10 Spesifikasi Cooler (CO-101).....	41
Tabel 5.11 Spesifikasi Cooler (CO-102).....	42
Tabel 5.12 Spesifikasi Cooler (CO-103).....	43
Tabel 5.13 Spesifikasi Cooler (CO-104).....	44
Tabel 5.14 Spesifikasi Cooler (CO-105).....	45
Tabel 5.15 Spesifikasi Menara Distilasi 1 (MD-301)	46
Tabel 5.16 Spesifikasi Menara Distilasi 2 (MD-302)	47
Tabel 5.17 Spesifikasi Menara Distilasi 3 (MD-303)	48
Tabel 5.18 Spesifikasi Condensor (CD-301)	49
Tabel 5.19 Spesifikasi Condensor (CD-302)	50
Tabel 5.20 Spesifikasi Condensor (CD-303)	51
Tabel 5.21 Spesifikasi Reboiler (RB-301).....	52
Tabel 5.22 Spesifikasi Reboiler (RB-302).....	53
Tabel 5.23 Spesifikasi Reboiler (RB-303).....	54
Tabel 5.24 Spesifikasi Expansion valve (EV-101)	55
Tabel 5.25 Spesifikasi Kompresor (K-101)	55
Tabel 5.26 Spesifikasi Pompa Proses (PP-201).....	56
Tabel 5.27 Spesifikasi Pompa Proses (PP-202).....	57
Tabel 5.28 Spesifikasi Pompa Proses (PP-101)	58
Tabel 5.29 Spesifikasi Pompa Proses (PP-102).....	59
Tabel 5.30 Spesifikasi Pompa Proses (PP-103).....	60

Tabel 5.31 Spesifikasi Pompa Proses (PP-104)	61
Tabel 5.32 Spesifikasi Pompa Proses (PP-105)	62
Tabel 5.33 Spesifikasi Pompa Proses (PP-106)	63
Tabel 5.34 Spesifikasi Pompa Proses (PP-107)	64
Tabel 5.35 Spesifikasi Pompa Proses (PP-108)	65
Tabel 5.36 Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401)	66
Tabel 5.37 Spesifikasi Tangki Alum (ST-401)	66
Tabel 5.38 Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST-402).....	67
Tabel 5.39 Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-403).....	68
Tabel 5.40 Spesifikasi Clarifier (CL-401)	69
Tabel 5.41 Spesifikasi Sand filter (SF-401).....	69
Tabel 5.42 Spesifikasi Tangki <i>Air Filter</i> (FWT-401)	70
Tabel 5.43 Spesifikasi <i>Domestic Water Tank</i> (DOWT-401)	71
Tabel 5.44 Spesifikasi <i>Hydrant Water Tank</i> (HWT-401).....	71
Tabel 5.45 Spesifikasi Cooling Tower (CT-401).....	72
Tabel 5.46 Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-404)	73
Tabel 5.47 Spesifikasi Tangki Dispersan (ST-405)	73
Tabel 5.48 Spesifikasi Tangki Natrium Fosfat (ST-406).....	74
Tabel 5.49 Spesifikasi Tangki Cation Exchanger (CE-401).....	75
Tabel 5.50 Spesifikasi Tangki Anion Exchanger (AE-401)	75
Tabel 5.51 Spesifikasi <i>Demin Water Tank</i> (DWT-401).....	76
Tabel 5.52 Spesifikasi Deaerator (DA-401).....	77
Tabel 5.53 Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-407)	77
Tabel 5.54 Spesifikasi Boiler (B-401)	78

Tabel 5.55 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-408)	79
Tabel 5.56 Spesifikasi Tangki Blower Steam (BL-401).....	79
Tabel 5.57 Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (ST-401).....	80
Tabel 5.58 Spesifikasi Kompresor (AC-401)	80
Tabel 5.59 Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CYC-401).....	81
Tabel 5.60 Spesifikasi Blower Udara (BU-401).....	81
Tabel 5.61 Spesifikasi Blower Udara (BU-402).....	81
Tabel 5.62 Spesifikasi Blower Udara (BU-403).....	82
Tabel 5.63 Spesifikasi Blower Udara (BU-404).....	82
Tabel 5.64 Spesifikasi Generator (GS-401).....	82
Tabel 5.65 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Bakar (ST-409).....	83
Tabel 5.66 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401)	83
Tabel 5.67 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402).....	84
Tabel 5.68 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403).....	85
Tabel 5.69 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404).....	85
Tabel 5.70 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405).....	86
Tabel 5.71 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406).....	86
Tabel 5.72 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407).....	87
Tabel 5.73 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408).....	87
Tabel 5.74 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409).....	88
Tabel 5.75 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410).....	88
Tabel 5.76 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411).....	89
Tabel 5.77 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412).....	89
Tabel 5.78 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413).....	90

Tabel 5.79 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414)	90
Tabel 5.80 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415)	91
Tabel 5.81 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416)	91
Tabel 5.82 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417)	92
Tabel 5.83 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418)	92
Tabel 5.84 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419)	93
Tabel 5.85 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420)	93
Tabel 6.1 Kebutuhan Air untuk Air Pendingin	97
Tabel 6.2 Kebutuhan Air untuk Air Umpan Boiler.....	99
Tabel 6.3 Tingkat Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.....	114
Tabel 6.4 Pengendalian Variabel Utama Proses	114
Tabel 7.1 Perincian Luas Area Pabrik Propilen oksida.....	119
Tabel 8.1 Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	138
Tabel 8.2 Perincian Tingkat Pendidikan	139
Tabel 8.3 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat	140
Tabel 8.4 Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	140
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	147
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	148
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	149
Tabel 9.4. Biaya Administratif	149
Tabel 9.5. <i>Minimum Acceptable Persent Return On Investment</i>	150
Tabel 9.6. <i>Acceptable Pay Out Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik	151
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	154

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Data Impor Propilen Oksida di Indonesia Tahun 2012 – 2016.....	3
Gambar 1.2 Peta Lokasi Pendirian Pabrik Propilen Oksida	6
Gambar 2.1 Blok Diagram Proses Pembuatan Propilen Oksida	19
Gambar 7.1 Peta Lokasi Pabrik.....	120
Gambar 7.2 Tata Letak Alat Proses	120
Gambar 7.3 Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung	121
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	127
Gambar 9.1. Grafik Analisa Ekonomi	152
Gambar 9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i>	153

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara yang berkembang di bidang industri. Sampai saat ini pembangunan sektor industri mengalami peningkatan, salah satunya adalah pembangunan sektor industri kimia. Namun Indonesia masih banyak mengimpor bahan baku atau produk industri kimia dari luar negeri salah satunya adalah propilen oksida.

Propilen oksida (*methyloxirane 1,2-epoxypropane*) merupakan salah satu produk intermediet yang digunakan untuk memproduksi *polyurethane*, *polyether polyols*, *propylene glycol*, *glycol ethers*, dan beberapa produk lain. Kebutuhan propilen oksida di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung tidak stabil, jumlahnya naik turun sesuai kebutuhan pabrik di Indonesia yang menggunakan produk tersebut.

Selama ini kebutuhan propilen oksida baru dapat dipenuhi dari impor negara-negara maju seperti Jepang, Amerika Serikat, Korea, Belgia, Inggris, Australia dan Jerman. Dengan didirikannya pabrik propilen oksida diharapkan dapat membantu terpenuhinya kebutuhan propilen oksida di dalam negeri serta dapat menambah peranan Indonesia dalam bidang industri kimia. Di samping itu dengan didirikannya pabrik propilen oksida dapat membuka lapangan kerja baru dan diharapkan dapat memacu berdirinya pabrik-pabrik lain yang menggunakan produk propilen oksida.

1.2. Kegunaan Produk

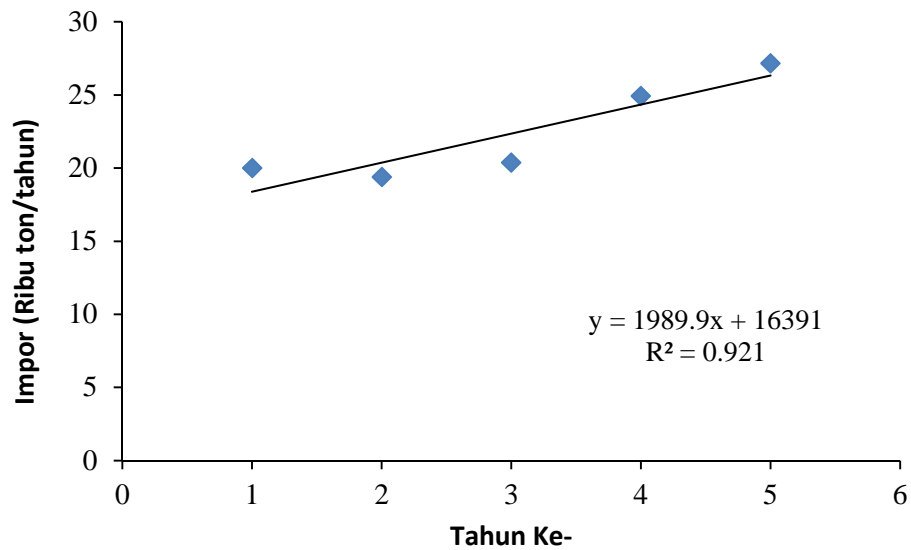
Kegunaan propilen oksida ini sangat luas antara lain sebagai bahan baku industri pembuatan *polyurethane*. *Polyurethane* digunakan untuk membuat *flexible foam*, dimana *flexible foam* digunakan pada barang-barang seperti perabotan rumah tangga dan tempat duduk mobil. Selain itu propilen oksida digunakan untuk membuat *monopropylene glycol* (MPG). MPG dapat digunakan untuk membangun panel perumahan, pipa, tangki, pendingin dan anti freeze. Propilen oksida juga dapat digunakan sebagai bahan baku industri *propylene glycol*, *glycol ethers*, dan beberapa produk lain.

1.3. Kapasitas Pabrik

Impor propilen oksida di Indonesia diperkirakan akan selalu meningkat. Tabel 1.1 adalah data impor propilen oksida di Indonesia menurut Badan Pusat Statistik.

Tabel 1.1. Data impor kebutuhan propilen oksida di Indonesia

Tahun	Tahun Ke-	Jumlah Impor propilen oksida (ton/tahun)
2012	1	19.990,105
2013	2	19.369,498
2014	3	20.357,075
2015	4	24.927,666
2016	5	27.160,463



Gambar 1.1. Impor propilen oksida di Indonesia

Berdasarkan grafik di atas di dapatkan persamaan $y = 1989,9x + 16391$, sehingga diperkirakan pada tahun 2025 kebutuhan propilen oksida di Indonesia sebesar 44.249,6 ton.

Kapasitas pabrik propilen oksida yang akan didirikan di Indonesia dihitung berdasarkan jumlah kebutuhan propilen oksida dalam negeri yang harus dipenuhi, sehingga kapasitas pabrik 45.000 ton/tahun. Sehingga dengan kapasitas ini diharapkan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, sehingga mengurangi impor dari negara lain.
2. Memicu berdirinya industri lain yang memiliki bahan baku propilen oksida.
3. Membuka lapangan pekerjaan baru sehingga dapat mengurangi jumlah pengangguran

1.4. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi merupakan hal yang penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Lokasi pabrik akan didirikan di Bojonegara-Banten dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah propilen diperoleh dari PT Chandra Asri Petrochemical Cilegon, Asam perasetat di impor dari Haihang Industry (China). Lokasi pabrik di Bojonegara ini sangat tepat mengingat sumber bahan baku propilen oksida dapat dengan mudah diperoleh, karena Cilegon merupakan daerah industri terutama industri kimia.

2. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu hal yang mempengaruhi studi kelayakan proyek, karena pemasaran yang tepat akan mendatangkan keuntungan dan menjamin kelangsungan proyek. Bojonegara merupakan daerah yang strategis untuk pemasaran karena dekat dengan industri-industri lain dan sudah tersedia pelabuhan yang mempunyai fasilitas bongkar muat barang.

3. Transportasi

Transportasi sangat dibutuhkan sebagai penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Lokasi harus mempunyai fasilitas transportasi supaya biaya transportasi dapat ditekan sekecil mungkin. Di Bojonegara sudah cukup ideal untuk transportasi karena sudah ada transportasi darat maupun

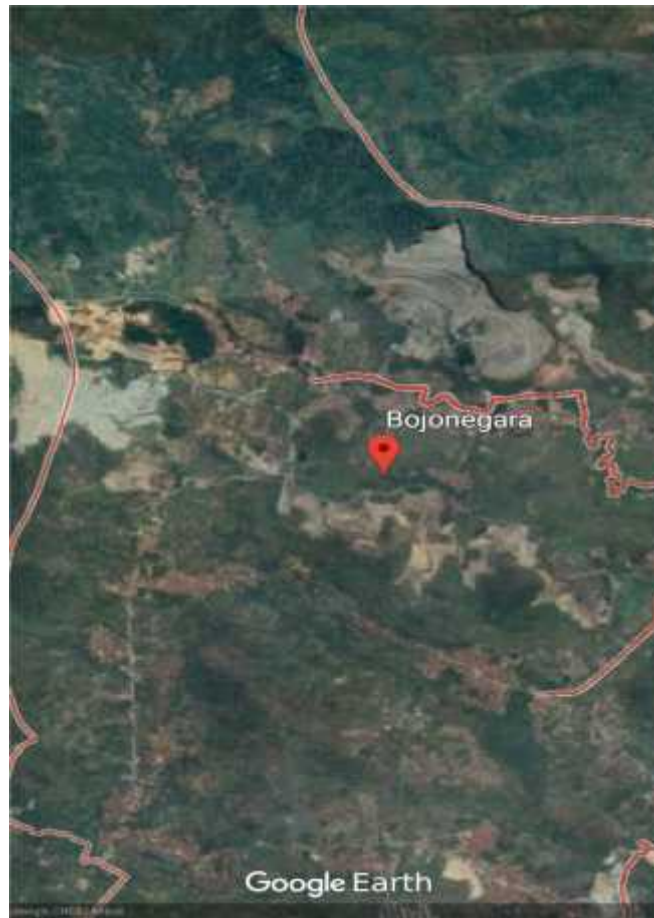
laut yang relatif mudah dan tidak terlalu jauh.

4. Penyediaan Utilitas

Penyediaan utilitas seperti air, dan listrik perlu diperhatikan agar proses produksi bisa berjalan dengan baik. Air sangat diperlukan untuk kebutuhan proses reaksi, pendingin, dan lain sebagainya. Pentingnya peranan air dalam kelangsungan proses produksi, maka untuk penyediaan air ini dapat diperoleh dari sungai yang tidak jauh dari kawasan industri. Sedangkan untuk kebutuhan listrik didapat dari penyediaan generator.

5. Letak dan kondisi geografis.

Iklim yang terdapat pada lokasi pabrik juga akan mempengaruhi aktivitas dan proses yang ada. Jika iklim terlalu panas akan mengakibatkan pendingin yang diperlukan lebih banyak, sedangkan iklim yang terlalu dingin atau lembab akan mengakibatkan bertambahnya biaya konstruksi pabrik karena diperlukan biaya perlindungan khusus terhadap alat-alat proses. Bojonegara merupakan daerah yang memiliki iklim kering dengan curah hujan tinggi, serta memiliki suhu relatif panas.



Gambar 1.2. Peta lokasi pendirian pabrik propilen oksida

6. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dapat diperoleh dari penduduk yang bertempat tinggal disekitar pabrik sehingga dapat memperluas lapangan kerja dan mengurangi pengangguran . Tenaga kerja yang terampil mutlak diperlukan untuk menjalankan mesin-mesin produksi dan tenaga kerja dapat direkrut dari daerah Cilegon, Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah dan sekitarnya.

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pra-rancangan pabrik *propylene oxide* dari propilen dan asam perasetat dengan kapasitas produksi 45.000 ton/tahun maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Ditinjau dari segi pengadaan bahan baku, transportasi, pemasaran, dan lingkungan, maka pabrik ini direncanakan berdiri di daerah Bojonegara Propinsi Banten.
2. Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomi, maka pabrik ini layak untuk didirikan dengan hasil perhitungan analisis ekonomi sebagai berikut:
 - a. *Percent return on investment* (ROI) sebelum pajak yaitu 53,33% dan sesudah pajak yaitu 42,66%.
 - b. *Pay out time* (POT) sebelum pajak dengan menggunakan metode linier adalah 1,37 tahun dan 1,66 tahun setelah pajak
 - c. *Break even point* (BEP) sebesar 36,66%, dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30–60% kapasitas produksi untuk pabrik beresiko tinggi. Nilai *shut down point* (SDP) sebesar 19,99%, yaitu dengan batasan kapasitas produksi tersebut pabrik harus berhenti memproduksi

karena jika beroperasi dibawah nilai SDP maka pabrik akan mengalami kerugian.

- d. *Discounted cash flow rate of return* (DCF) sebesar 50,56%, nilai DCF tersebut lebih besar daripada suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik *propylene oxide* dibandingkan ke *bank*

10.2 Saran

Pabrik *propylene oxide* dari propilen dan asam perasetat dengan kapasitas produksi 45.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya sebelum didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

Alfa Laval Pump Handbook. 2001. Alfa Laval. USA.

Badan Pusat Statistik. 2017. *Statistic Indonesia*. www.bps.go.id. Diakses 11 Januari 2017

Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. New York : McGraw Hill

Bank Indonesia. 2018. *Nilai Kurs*. www.bi.go.id. Diakses 10 Januari 2018

Brown, G. George. 1950. *Unit Operation 6th Edition*. USA : Wiley & Sons, Inc.

Brownell L.E, and Young E.H. 1959. *Process Equipment Design 3rd Edition*. New York: John Wiley & Sons

Coulson.J.M. and Ricardson.J.F. 1983. *Chemical Engineering Design*. Pergamon Press Inc, New York.

Coulson, J.M. and Ricardson J.F.. 1988. *Chemical Engineering Design*. New York : Pergamon Press

Coulson, J.M. and J. F. Richardson. 1999. *Chemical Engineering Design 3rd Edition*. New York : Pergamon Press

Coulson J.M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4th Edition*. Washington : Butterworth-Heinemann

- Froment, G. F., and Bischoff, K. B. 1979. *Chemical Reactor Analysis and Design 2nd Edition*. New York : Pergamon Press
- Evans, F.L., 1974, "Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plants", Vol.2, ed.2 , Gulf Publishing Co., United States of America.
- Geankoplis, C. J.. 1983. *Transport Processes and Unit Operations 2nd Edition*. London : Allyn and Bacon, Inc.
- Geankoplis, C.J.. 1993. *Transport Processes and unit Operation 3rd Edition*. New Jersey : Prentice-Hall International, Inc.
- Himmelblau, D.M., and Riggs J.B.. 1996. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. London : Prentice Hall International
- Hollman, J.P., 1986, "Heat Transfer:", 6th ed., Mc Graw Hill Book Company, London.
- Kern, D.1950. *Process Heat Transfer*. London : Mc Graw Hill International Book Company
- Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York : McGraw-Hill Co.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F., 2006, "Encyclopedia of Chemical Technology", 4nd ed., vol. 20., John Wiley and Sons Inc., New York.
- Ludwig, E. Ernest. 1999. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants 3rd edition*. Houston : Gulf Publishing Company
- McCabe, W.L.. 1985. *Unit Operation of Chemical Engineering, Jilid. 2nd, 4th Edition*. New York : Mc Graw Hill Book Company
- Megyesy.E.F., 1997, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.

- Perry, Robert H., and Don W. Green. 1950. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 3th Edition*. McGraw Hill : New York.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 6th Edition*. McGraw Hill : New York.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. McGraw Hill : New York.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*. McGraw Hill : New York.
- Peta Kabupaten Bojonegara. 2017. *Cilegon*.
<https://www.google.co.id/maps/place/Bojonegara/>. Diakses 14 Maret 2017
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3rd Edition*. New York : McGraw-Hill Book Company
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., and Ronald E. West. 2002. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering*. New York : McGraw-Hill Book Company
- Powell, S.T.. 1954. *Water Conditioning for Industry*. New York : McGraw-Hill Book Company
- Rase. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1st, Principles and Techniques*. New York : John Wiley & Sons
- Severn, R. H. 1956. *The Chemical Process Industries, 5th Edition*. Tokyo : McGraw Book Company, LTD.
- Smith.J.M. and Van Ness.H.C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3^{ed}*, McGraww-Hill Inc, New York.

Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition*. New York : McGraw-Hill

Treyball.R.E. 1981. *Mass Transfer Operation 3^{ed}*, McGraw-Hill Book Company. New York.

Ulrich, G. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. USA : University of New Hampshire

US Patent Chuang et al, No. 8.466.302 B1“ *Process for Producing Propylene Oxide*”

Vilbrant, F.C., Dryden, C.E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design 4th Edition*. Tokyo : Graw Hill Kogakusha Ltd.

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

Wallas, S.M.. 1990. *Chemical Process Equipment*. Stoneham USA : Butterworth Publishers

Wang, L, K. 2008. *Gravity Thickener, Handbook of Enviromental Engineering, Vol. 6th*. New Jersey : The Humana Press Inc.

Yaws, Carl L.. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York : Gulf Publishing Company

<http://www.chemengonline.com/economic-indicators-3/?printmode=1>. Diakses pada 12 Januari2018

<http://www.ICIS.com/>. Diakses pada 20 Ferbruari 2018

<http://novita-elyanti.blogspot.co.id/2011/01/utilitas.html>. Diakses pada 13 februari 2018

<http://www.matche.com>. Diakses pada 12 januari 2018

<http://www.kemenperin.go.id/>. Diakses pada 2 Januari 2017

<http://www.mhhe.com/>. Diakses pada 12 Januari 2018

<http://www.pertamina.com/>. Diakses pada 17 februari 2017

<http://www.water.me.vccs.edu/>. Diakses pada 15 februari 2018