

**PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN ETILEN OKSIDA
DENGAN PROSES OKSIDASI LANGSUNG MENGGUNAKAN UDARA
KAPASITAS 99.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

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

OLEH :

YULI SUSANTI	03031181320036
YULI ASTUTI	03031181320062

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

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA

PABRIK PEMBUATAN ETILEN OKSIDA DENGAN PROSES OKSIDASI
LANGSUNG MENGGUNAKAN UDARA KAPASITAS 99.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Dipublikasi untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana

Oleh:

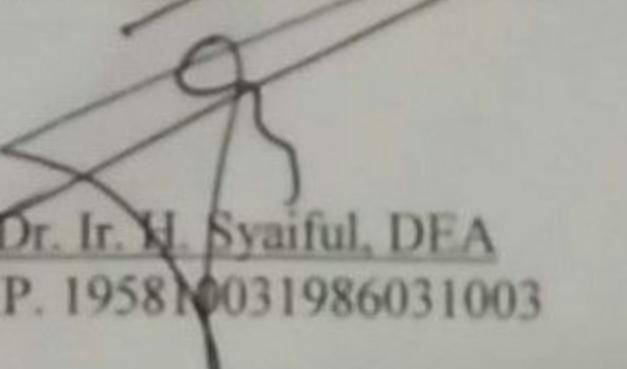
Yuli Susanti 03031181320036
Yuli Astuti 03031181320062

Indralaya, Maret 2018

Pembimbing


Ir. Hj. Farida Ali, DEA
NIP. 195511081984032001

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 Etilen Oksida Dengan Proses Oksidasi Langsung Menggunakan Udara Kapasitas 99.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan Yuli Susanti dan Yuli Astuti dihadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Maret 2018.

Palembang, Maret 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Ir. H. Abdullah Saleh, M.S., M.Eng
NIP. 195304261984031001

(*Abdullah*)

2. Budi Santoso, ST. MT
NIP. 197706052003121004

(*Budi*)

3. Dr. Fitri Hadiyah, ST. MT
NIP. 197808222002122001

(*Fitri Hadiyah*)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Dr. Ir. H. Syaiful, DEA

NIP. 195810031986031003



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yuli Susanti

NIM : 03031181320036

Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen Oksida dengan Proses Oksidasi Langsung Menggunakan Udara Kapasitas 99.000 Ton/Tahun

Fakultas/ Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas
nama **Yuli Astuti** didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/ plagiatur.
Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiatur 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.



Inderalaya, Mei 2018



Yuli Susanti

NIM. 03031181320036

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yuli Astuti

NIM : 03031181320062

Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen Oksida dengan Proses Oksidasi Langsung Menggunakan Udara Kapasitas 99.000 Ton/Tahun

Fakultas/ Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Yuli Susanti didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/ plagiatis. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiatis 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.



Inderalaya, Mei 2018



Yuli Astuti

NIM. 03031181320062

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN ETILEN OKSIDA KAPASITAS 90.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi , Maret 2018

Yuli Susanti dan Yuli Astuti; Dibimbing oleh Ir. Hj. Farida Ali, DEA

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xv + 296 halaman, 12 tabel, 5 gambar, 2 grafik, 4 lampiran

RINGKASAN

Pabrik pembuatan etilen oksida 99.000 ton/tahun ini direncanakan didirikan pada tahun 2022 berlokasi di Jalan Link Cilodan, Cilegon, Provinsi Banten dengan luas area 6,79 Ha. Proses pembuatan etilen oksida menggunakan proses oksidasi dibagi menjadi 4 tahap, yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap sintesa produk, tahap pemurnian produk, dan tahap recycle. Untuk membangun dan mengoperasikan pabrik etilen oksida akan didirikan perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang akan dipimpin oleh Direktur Utama. Sistem organisasi perusahaan dipilih adalah *line and staf* dengan total karyawan 123 orang. Pabrik pembuatan etilen oksida layak didirikan karena telah memenuhi persyaratan parameter analisa ekonomi sebagai berikut:

- a) *Annual Cash Flow* = US\$ 19.984.846
- b) *Selling Price* = US\$ 226.921.500
- c) *Total Capital Investment* = US\$ 18.880.843
- d) *Total Production Cost* = US\$ 220.222.282
- e) *Net Profit After Tax* = US\$ 18.524.413
- f) *Pay Out Time* = 1 tahun
- g) *Rate of Return On Investment* = 91,244%
- h) *Break Event Point* = 38,456%
- i) *Service Life* = 11 tahun

Kata kunci : Pabrik, Etilen Oksida, proses Oksidasi, analisa ekonomi

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat-Nya tugas akhir dengan judul **“Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen Oksida Kapasitas 99.000 Ton/Tahun dengan Proses Oksidasi Langsung Menggunakan Udara”** ini dapat selesai dengan baik. Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan kurikulum pada tingkat sarjana S1 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam penyelesaian laporan tugas akhir, terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan bimbingan selama pelaksanaan penelitian, khususnya kepada Ir. Hj. Farida Ali, DEA selaku dosen pembimbing, serta seluruh pihak yang terlibat membantu menyelesaikan tugas akhir dan tuorangtua penulis.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk semua, baik penulis maupun pembaca.

Palembang, Maret 2018

Hormat Kami,

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR GRAFIK.....	vii
DAFTAR NOTASI	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PEMBAHASAN UMUM.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan.....	2
1.3. Proses Pembuatan.....	2
1.4. Sifat Fisika dan Kimia.....	5
BAB II PERENCANAAN PABRIK.....	8
2.1. Alasan Pendirian Pabrik.....	8
2.2. Pemilihan Kapasitas Produksi.....	8
2.3. Pemilihan Bahan Baku.....	10
2.4. Uraian Proses.....	10
BAB III LOKASI DAN LETAK PABRIK.....	14
3.1. Lokasi Pabrik.....	14
3.2. Perincian Luas Area.....	17
3.3. Tata Letak Pabrik.....	17
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....	20
4.1. Neraca Massa.....	20

4.2. Neraca Panas.....	24
BAB V UTILITAS.....	30
5.1. Unit Pengadaan Steam.....	30
5.2. Unit Pengadaan Air.....	31
5.3. Unit Pengadaan Refrigerant.....	34
5.4. Unit Pengadaan Tenaga Listrik.....	34
5.5. Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	36
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN.....	39
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN.....	68
7.1. Bentuk Perusahaan.....	68
7.2. Struktur Organisasi.....	69
7.3. Tugas dan Wewenang.....	69
7.4. Sistem Kerja.....	72
7.5. Penentuan Jumlah Buruh.....	75
BAB VIII ANALISA EKONOMI.....	79
8.1. Keuntungan (Profitabilitas).....	80
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal.....	81
8.3. Total Modal Akhir.....	83
8.4. Laju Pengembalian Modal.....	86
8.5. Break Event Point (BEP).....	87
BAB IX KESIMPULAN.....	90
DAFTAR PUSTAKA	
91	
LAMPIRAN.....	9
3	

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1.1. Sifat Fisika Etilen.....	5
Tabel 1.2. Sifat Fisika Oksigen.. ..	5
Tabel 1.3. Sifat Fisika Nitrogen.....	6
Tabel 1.4. Sifat Fisika Perak.....	6
Tabel 1.5. Sifat Fisika Etilen Oksida.....	6
Tabel 1.6. Sifat Fisika Karbon Dioksida	7
Tabel 1.7. Sifat Fisika Air	7
Tabel 2.1. Kebutuhan Etilen Oksida.....	9
Tabel 7.1. Pembagian Jam Kerja Pekerja Shift.....	73
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan.....	76
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal.....	82
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	89

DAFTAR GAMBAR

Halama

n

Gambar 2.1. Flowsheet Proses Pembuatan Etilen Oksida.....	13
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pabrik.....	17
Gambar 3.2. Tata Letak Pabrik.....	19
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	78
Gambar 8.1. Grafik Break Event Point.....	99

DAFTAR GRAFIK

Halama

n

Grafik 2.1. Kebutuhan Etilen Oksida di Indonesia.....	13
Grafik 8.1. Break Even Point (BEP).....	17

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan Neraca Massa.....	93
Lampiran 2. Perhitungan Neraca Panas.....	116
Lampiran 3. Perhitungan Spesifikasi Peralatan.....	169
Lampiran 4. Perhitungan Ekonomi.....	289

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1 Latar Belakang

Industri yang mengelolah bahan mentah menjadi bahan *intermediate* maupun bahan jadi adalah salah satu jenis industri yang berkembang pesat. Salah satu bagian dalam industri ini adalah industri kimia, baik yang memproduksi bahan baku kimia hulu maupun hasil olahannya. Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan akan bahan-bahan kimia semakin besar sehingga pembangunan industri kimia perlu untuk ditumbuhkembangkan.

Salah satu bahan kimia yang banyak digunakan adalah etilen oksida. Bahan kimia yang juga dikenal sebagai epoksietan atau oxirane ini banyak digunakan dalam industri kimia dan farmasi. Secara langsung etilen oksida digunakan sebagai bahan desinfektan yang efektif dan banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga. Bidang kedokteran biasa memanfaatkan etilen oksida untuk mensterilkan peralatan-peralatan bedah, plastik dan alat-alat lain yang tidak tahan panas yang tidak dapat disterilkan dengan uap. Dalam bidang industri, penggunaan etilen oksida juga cukup luas. Derivatetilen oksida banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan deterjen, kosmetik, farmasi dan sebagainya.

Produksi etilen oksida di dunia mencapai 19 juta metrik ton dalam rentang waktu 2008 dan 2009, terjadi peningkatan dari 18 juta metrik ton di tahun 2007 [CITATION Car11 \l 1033].

Pada umumnya produksi didominasi oleh perusahaan kimia dan petrokimia multinasional yang besar, sering kali pada industri yang besar dikombinasikan dengan produksi etilen dan etilen glikol.

Di Indonesia, etilen oksida sebagian besar digunakan dalam proses produksi etilenglikol. Kebutuhan etilen glikol di Indonesia yang semakin meningkat setiap tahunnya ditandai dengan besarnya impor etilen glikol diiringi dengan adanya peningkatan etilen oksida di Indonesia setiap tahunnya. Proyeksi kebutuhan etilen oksida dalam negeri semakin meningkat seiring dengan

peningkatan industri-industri yang menggunakan sebagai bahan baku maupun bahan penunjang dalam proses pembuatannya.

Dengan semakin meningkatnya kebutuhan tersebut, maka pendirian pabrik etilen oksida di Indonesia tentunya akan berdampak positif, hal ini disebabkan karena masih sedikit industri kimia yang memproduksi etilen oksida. Mendirikan pabrik etilen oksida dapat membantu memenuhi kebutuhan etilen oksida di Indonesia sehingga kebutuhan industri-industri yang menggunakan etilen oksida dalam prosesnya dapat terpenuhi dari dalam negeri dan mengurangi impor etilen oksida.

1.2 Sejarah dan Perkembangan

Etilen oksida yang juga dikenal dengan oksirana adalah senyawa organik dengan rumus molekul C_2H_4O . Senyawa etilen berjenis eter siklik. Etilen oksida berbentuk gas tak berwarna dan mudah terbakar pada suhu ruangan serta berbau manis. Senyawa etilen oksida merupakan oksida paling sederhana karena struktur molekulnya, banyak dipakai pada reaksi adisi, seperti polimerisasi. Etilen oksida berisomer dengan asetaldehida dan vinil alkohol.

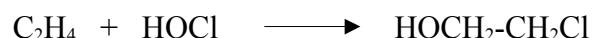
Etilen oksida pertama kali disintesis oleh Wurtz tahun 1859 dan kemudian dikenal dengan proses klorohidrin. Produksi pertama etilen oksida secara komersial dimulai tahun 1914 hingga sekarang. Tahun 1931, Lefort mengembangkan proses oksidasi langsung yang menggeser keberadaan proses klorohidrin hingga sekarang.

1.3 Macam-macam Proses Pembuatan

1.3.1. Proses Klorohidrin

Reaksi-reaksi yang terjadi dalam pembuatan etilen oksida pada proses klorohidrin adalah sebagai berikut :

- a. Reaksi etilen dengan asam hipoklorit untuk menghasilkan klorohidrin.



- b. Reaksi klorohidrin dengan kalsium hidroksida hingga diperoleh etilen oksida.



Reaksi klorohidrin berlangsung di dalam kolom berunggu yang terbuat dari material tanah korosi pada kondisi optimum yaitu temperatur 27-43°C dan tekanan 2-3 atm. Didalam proses ini *selectivity* teoritis besar 85-90%. Pada proses klorohidrin terdapat beberapa kekurangan jika dibandingkan dengan proses oksidasi langsung, yaitu :

1. Terdapat produksi samping yang mengandung klor.
2. Memerlukan bahan baku yang lebih beranekaragam.
3. Terdapatnya klor di dalam aliran bahan bakar sehingga dibutuhkan peralatan tanah korosi yang harganya sangat mahal.

1.3.2. Proses Oksidasi Langsung dari Etilen Menggunakan Udara sebagai Sumber *Oxidizing Agent*

Proses ini terjadi di tiga bagian yaitu sistem reaksi, recovery oksida dan pemurnian oksida. Pada bagian pertama, udara yang dikompres disaring dan diumpulkan secara terpisah dengan etilen ke dalam tangki pencampuran. Etilen kemudian dioksidasi menjadi etilen oksida sebagai produk utama, dan karbon dioksida dan air sebagai produk samping. Bagian kedua, proses recovery etilen oksida dari gas mentah. Etilen oksida diabsorbsi dengan larutan penyerap dalam absorber dan gas sisa dibuang.

Reaksi utama :



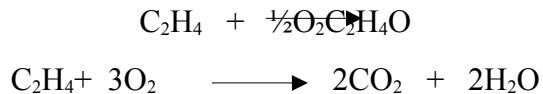
Reaksi Samping :



Secara ekonomis, metode ini lebih menguntungkan. Pada umumnya digunakan nitrogen sebagai gas inert karena lebih ekonomis dibandingkan menggunakan metana dan sebagian nitrogen diambil dari udara. Nitrogen berfungsi sebagai gas inert dalam siklus reaktor. Proses ini menghasilkan produk etilen oksida dengan *selectivity* berkisar 88%-88,5% dan produk samping berupa gas CO₂ dan H₂O dengan kandungan CO₂ yang tinggi.

1.3.3. Proses Oksidasi Langsung Etilen dengan Menggunakan Oksigen sebagai sumber *Oxidizing Agent*

Reaksi yang terjadi pada proses ini sebagai berikut:

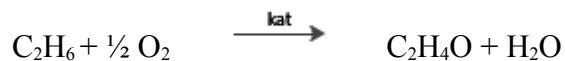


Dibanding dengan proses khlorohidran, proses ini mengurangi jumlah pemakaian khlorin, proses ini menggunakan oksigen murni sebagai sumber oxidizing agen, sehingga dapat mengurangi jumlah gas inert yang masuk dalam recycle. Oksigen yang digunakan mempunyai kemurnian tinggi (>99%). Proses ini etilen yang hilang jauh lebih sedikit dibanding dengan unit yang menggunakan udara sebagai sumber oxidizing agent. Proses oksidasi langsung etilen menghasilkan produk samping gas karbondioksida dan air. Untuk mengendalikan selektivitas sehingga etilen oksida yang terbentuk lebih banyak maka digunakan inhibitor. Inhibitor yang digunakan adalah halida organik. Ada dua cara metode penambahan inhibitor yaitu penambahan inhibitor sebagai gas yang merupakan proses konversional dan penambahan inhibitor sebagai liquid ke dalam campuran gas bahan baku.

1.3.4. Proses Oksidasi Etilen dari Etana dengan Oksigen sebagai *Oxidizing Agent*

1) Proses Pembuatan Etilen

Proses pembuatan etilen ini dengan menggunakan etana yang akan mengalami reaksi *oxydehidrogenation*, oksigen digunakan sebagai *oxidizing agent*. Pada reaksi ini dibutuhkan bantuan katalis yang terjadi pada temperatur 200-500°C dan pada tekanan 1- 10 atm.



2) Proses Pembuatan Etilen Oksida

Pada proses pembuatan etilen oksida yang berbahan baku etilen yang berasal dari etana ini tidak membutuhkan *inert gas* dikarenakan etana yang digunakan sebagai bahan baku pada saat proses pembuatan etilen, terdapat sebagian etana yang tidak terkonversi. Etana yang tidak terkonversi ini

dapat langsung digunakan sebagai *inert gas* yang akan menggantikan fungsi dari metana atau nitrogen yang biasanya digunakan sebagai *inert gas*. Untuk menjaga kinerja dari katalis tersebut dimasukkan etilen klorida kedalam reaktor. Reaksi pembuatan etilen oksida ini berlangsung pada temperatur 200-300 °C dan tekanannya berkisar antara 10-30 atm. *Selectivity* etilen oksida pada proses pembuatan ini adalah sebesar 88,9%.

Reaksi utama :



Reaksi samping :



1.4 Sifat-sifat Fisika dan Kimia

1.4.1. Bahan Baku

1.4.1.1. Etilen

Rumus Kimia	C_2H_4
BeratMolekul	28 kg/kmol
Wujud	Gas
Titikdidih pada 1 atm	-103,9 °C
Titikleleh	-169,2 °C
Temperaturkritis	282,4 K
Tekanankritis	50,5 atm

[CITATION Cou05 \l 1033]

1.4.1.2. Oksigen

Rumus Kimia	O_2
BeratMolekul	32kg/kmol
Wujud	Gas
Titikdidih	-183 °C
Titikleleh	-218,8 °C
Temperaturkritis	154,6 K
Tekanankritis	49,5 bar

[CITATION Cou05 \l 1033]

1.4.2. Gas inert

Nitrogen

Rumus Kimia	N_2
BeratMolekul	28kg/kmol
Wujud	Gas

Titikdidih	-103,7°C
Titikleleh	-169,2°C
Temperaturkritis	282,4K
Tekanankritis	50,5atm

[CITATION Cou05 \l 1033]

1.4.3. Katalis

Perak

Rumus Kimia	Ag
BeratMolekul	108kg/kmol
Wujud	Padat
Titikdidih	1950°C
Titikleleh	960,5°C
Specific gravity	10,5 pada 20 °C

[CITATION Per08 \l 1033]

1.4.4. Produk

1.4.4.1. Etilen Oksida

Rumus Kimia	C ₂ H ₄ O
BeratMolekul	44kg/kmol
Wujud	Gas
Titikdidih	10,3 °C
Titikleleh	-112,2 °C
Temperaturkritis	469,0 K
Tekanankritis	55,7 atm

[CITATION Cou05 \l 1033]

1.4.4.2. Karbon Dioksida

Rumus Kimia	CO ₂
BeratMolekul	44kg/kmol
Wujud	Gas
Titikdidih	-78,5 °C
Titikleleh	-56,6 °C
Temperaturkritis	304,2 K
Tekanankritis	73,8 atm

[CITATION Cou05 \l 1033]

1.4.4.3. Air

Rumus Kimia	H ₂ O
BeratMolekul	18 kg/kmol
Wujud	Cair
Titikdidih	100 °C

Titikleleh	0°C
Temperaturkritis	647,3 K
Tekanankritis	220,5 atm

[CITATION Cou05 \l 1033]

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2011. *Data Ekspor dan Impor Bahan Industri Kimia*. Jakarta: BPS, Departemen Perindustrian dan Perdagangan RI.
- _____. 2012. *Data Ekspor dan Impor Bahan Industri Kimia*. Jakarta: BPS, Departemen Perindustrian dan Perdagangan RI.
- _____. 2013. *Data Ekspor dan Impor Bahan Industri Kimia*. Jakarta: BPS, Departemen Perindustrian dan Perdagangan RI.
- _____. 2014. *Data Ekspor dan Impor Bahan Industri Kimia*. Jakarta: BPS, Departemen Perindustrian dan Perdagangan RI.
- _____. 2015. *Data Ekspor dan Impor Bahan Industri Kimia*. Jakarta: BPS, Departemen Perindustrian dan Perdagangan RI.
- _____. 2015. *Data Ekspor - Impor Chemical Engineering materials in South East Asia*. Diakses pada 2 Januari 2017 dari <http://www.comtrade.com>
- Eastman Chemical PTE Ltd Report-Chemical Pricing Information. 2015. Diakses pada 5 Desember 2016 dari <http://www.alibaba.com>.
- EP Patent No. 2980081 A1*. Takinami. 2016. *Methode for Producing Ethylene Oxide*.
- Cost Information Exchanges Equipment. 2007. Diakses pada tanggal 5 Desember 2016 dari <http://matche.com/EquipCost.htm>
- Coulson&Richardson. 2005. *Chemical Engineering Volume 6 4th Edition*. Elsevier :Buttenworth - Heinemann.
- Fogler, H. S. 2001. *Elements of Chemical Reaction Engineering 3th edition*. New Jersey : Prentice Hall PTR.
- Frank L.Evans. 1980. *Euipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plant, 2nd Edition*. Texas: Gulf Publishing Company.
- Geankoplis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*. New Jersey : Prentice – Hall,Inc.

- Ismail, S. 1996. *Alat Industri Kimia*, Cetakan Ketiga. Palembang: Penerbit Unsri. ISBN 979-587-168-4.
- Ismail, S. 2000. *Kinetika Kimia*, Cetakan Ketiga. Palembang: Penerbit Unsri. ISBN 979-587-121-8.
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw-Hill International Edition.
- McCabe, W.L. et all. 2005. *Unit Operation of Chemical Engineering 7th Edition*. McGraw Hill.
- Perry, R.H. and Green D. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Peter, M. S. and Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 4th Edition*. New York :McGraw Hill International Book Co.
- Smith, J. M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6th Edition*. Singapore :McGraw Hill.
- Speight, G. J. 2002. *Chemical and Process Design Handbook*.McGraw Hill.
- TEMA. 1978. *Standards of Tubular Exchanger Manufactures Association*, 6th Edition. New York: Tubular Exchanger Manufactures Association, Inc.
- Treybal, R.E. 2005. *Mass Transfer Operations, 3rd Edition*. Rhode Island: McGraw-Hill Book Co.
- US Patent No.20140018557 A1. Verhaak. 2014. *Process for The Production Ethylene Oxide*.
- US Patent No.8,409,333 B2. Beekman. 2013. *Production of Ethylene Oxide*.
- US Patent No. 2,585,478. Norman Levy. 1952. *Production of Olefin Oxides*.
- US Patent No. 4,206,28. Cavitt. 1980. *Ethylene Oxide Production*.
- Walas, S. M. 1988. *Chemical Process Equipment Selection and Design*.USA : Butterworth Publishers.