

TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK CUMENE DARI PROPILENA DAN BENZENA DENGAN KATALIS PROSES *Q-MAX* DENGAN KATALIS QZ2000/2001 KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Program Studi S-1 Teknik Kimia**



Oleh :

GIOVANI	2010814110011
M.ZIQRI	2010814210023

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

2025

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA

**Prarancangan Pabrik *Cumene* Dari *Propilena* Dan *Benzena* Dengan Proses
Q-Max Dengan Katalis QZ-2000/2001 Kapasitas 10.000 Ton/Tahun**

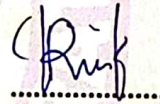
Oleh:

Giovani (2010814110011)
M. Ziqri (2010814210023)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 15 Januari 2025 dan dinyatakan
LULUS

Komite Penguji:

Ketua : Riani Ayu Lestari, S. T., M. Eng.
NIP. 198604292023212031



Anggota : Ir. Hesti Wijayanti, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 198005292005012003



Pembimbing : Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc., Ph.D
NIP. 197405212002122003



Banjarbaru,

diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,



Dr. Mahmud, S.T., M.T.
NIP. 197401071998021001

Koordinator Program Studi



STP Teknik Kimia

Doni Rahmat Wicakso, S.T., M.Eng.
NIP. 198401122003121001

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PRARANCANGAN PABRIK CUMENE DARI PROPILENA DAN
BENZENA DENGAN PROSES Q-MAX DENGAN KATALIS Qz-2000/2001
KAPASITAS
10.000 TON/TAHUN**

***PRE-DESIGN CUMENE PLANT FROM
PROPYLENE AND BENZENE WITH Q-MAX PROCESS
WITH QZ-2000/2001 CATALYST CAPACITY
10,000 TONS/YEAR***

Disusun Oleh:

GIOVANI

2010814110011

M. ZIQRI

2010814210023

Telah disetujui untuk diseminarkan di Program Studi S-1 Teknik Kimia
Universitas Lambung Mangkurat

Banjarbaru, Januari 2025

Dosen Pembimbing,

Prof. Ir. Muthia Elma, S.T., M.Sc., Ph.D

NIP. 19740521 2002 122003

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT karena atas rahmat-Nya maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **”Prarancangan Pabrik Cumene dari Propilena dan Benzena dengan proses Q-max dengan Katalis QZ2000/2001 Kapasitas 10.000 Ton/Tahun”**. Tugas ini disusun dalam rangka memenuhi mata kuliah tugas akhir dan sebagai persyaratan memperoleh gelar sarjana pada Program Studi S-1 Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat.

Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Prof. Ir. Muthia Elma S.T.,M.Sc.,Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir kami di Program Studi S-1 Teknik Kimia UNLAM yang telah sangat sabar membimbing dan sangat banyak memberikan bantuan berupa saran atau masukan yang berguna dalam kemajuan tugas akhir ini. Terimakasih pula karena Ibu telah meluangkan banyak waktu untuk kami berkonsultasi serta memberikan masukan dan saran selama tugas akhir ini.
2. Ibu Desi Nurandini, S.T., M.Eng dan Ibu Ir. Hesti Wijayanti., S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen penguji sidang tugas akhir yang telah membantu kami dalam memberikan masukan, saran dan kritik untuk hasil yang terbaik pada tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Doni Rahmat Wicakso, S.T., M.Eng selaku Kaprodi S-1 Teknik Kimia ULM yang telah memberikan masukan terhadap perkuliahan kami dan memberikan kami riset/ penelitian PUPT kedua sehingga banyak pengalaman yang kami dapatkan selama penelitian.
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam pengerjaan tugas akhir ini dan senantiasa memberikan banyak ilmu yang bermanfaat untuk kami selama masa perkuliahan.
5. Seluruh staf Program Studi Teknik Kimia yang telah memberikan bantuan dalam urusan administrasi sebagai mahasiswa selama menuntut ilmu di ULM.

6. Orang tua tercinta, kakak, adik dan seluruh keluarga besar kami yang telah memberikan segala bantuan, dukungan moral dan moril serta doa yang tiada henti kepada kami mulai dari awal kuliah sampai kami menyelesaikan perkuliahan.
7. Seluruh keluarga besar Teknik Kimia ULM Mahasiswa dan Alumni yang telah mau meluangkan waktunya untuk berbagi informasi, memberikan saran serta memberikan beberapa literatur yang sangat membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini. Serta terimakasih pula telah menerima kami dalam keluarga besar ini yang memiliki rasa kekeluargaan yang kuat dan memberikan kami banyak pelajaran yang berharga.
8. Seluruh teman dan sahabat kami yang berada di luar sana yang tidak bisa kami sebutkan satau-persatu, terimakasih atas bantuan dan doanya.
9. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, terimakasih untuk semua masukan, bantuan dan kerjasamanya.

Kami menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan, seperti kita ketahui bahwa tidak ada manusia yang sempurna di dunia ini, karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Kami hanya bisa berusaha melakukan yang terbaik dan semaksimal mungkin. Adanya kekurangan pada tugas akhir ini maka kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi diperolehnya hasil yang maksimal dan terbaik dari tugas akhir ini. Semoga tugas akhir Prarancangan Pabrik ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Banjarbaru, Januari 2025


Penulis

INTISARI

Produk cumene telah banyak digunakan dalam industri, antara lain sebagai : Bahan baku pembuatan fenol dan aseton Bahan baku industri plastic Bahan baku pembuatan acetophenone Zat aditif pada bahan bakar untuk meningkatkan kemampuan mesin piston pesawat terbang Solven pada industri cat Bahan intermediet untuk pembuatan resin dan asam terephthalat. Peluang berkembangnya industri cumene di Indonesia cukup besar, maka perlu direncanakan perancangan pabrik kimia dengan produk cumene. Pabrik ini direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produk cumene sebesar 10.000 ton/tahun dan rencana didirikan pada tahun 2022. Bahan baku utama yang diperlukan adalah propilen dan benzene yang diperoleh dari Pertamina dan candra asri.

Pabrik akan didirikan di Cilacap, Jawa Tengah dimana lokasi pabrik dekat dengan sungai Serayu, waduk Krakatau Stell dan pelabuhan, sehingga sumber air untuk unit utilitas berasal dari sungai tersebut. Produk cumene menggunakan proses alkilasi benzene dengan bantuan katalis beta zeolit pada tekanan 25 atm dan suhu 350 °C dimana reaktor-01 yang digunakan adalah reaktor *fixed-bed multitube* dan reaksi bersifat eksotermis (mengeluarkan panas). Produk yang keluar dari reaktor selanjutnya dialirkan menuju drum dipisahkan antara hasil atas dan bawah, hasil atas direaksikan kembali di Reaktor-02 *fixed bed multitube* pada suhu 300 °C dan tekanan 1atm hasil keluaran reaktor-02 akan bercampur dengan hasil bawah drum yang selanjutnya akan diumpankan ke menara distilasi-01, disana terjadi pemisahan antara produk dan benzene recycle, produk yang belum murni masih mengandung toluene akan diumpankan kembali ke menara distilasi-02, hasil bawah berupa cumene yang mempunyai kemurnian 99,82% akan dialirkan ke tangki penyimpanan dan diperoleh hasil atas berupa limbah toluene yang akan diumpankan ke pengelolaan limbah.

Pemasaran cumene diutamakan untuk konsumsi dalam negeri dan juga dipasarkan keluar negeri. Bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line* dan *staff*. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari *shift* dan *non shift* dengan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 108 orang. Adapun hasil analisa ekonomi memberikan hasil investasi modal total (TCI) adalah sebesar Rp 300.396.696.497 dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar 429.145.249.252. Selain itu diperoleh juga *Percent Profit on Sales* (POS) sebelum pajak sebesar 11% dan *Percent Profit on Sales* (POS) sesudah pajak sebesar 7%. *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 22% dan *Return of Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 14%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 3,31 tahun dan *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak sebesar 4,46 tahun. *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 12,27%. Sehingga diperoleh *Break Event Point* (BEP) sebesar 40,45% dan *Shut down point* (SDP) sebesar 20,50%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik cumene dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : *beta zeolit, cumene, propilen, benzene, reactor fixed-bed*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN I.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN II	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
INTISARI	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Tinjauan Pustaka.....	I-2
1.3 Penentuan Kapasitas Perancangan.....	I-3
1.4 Identifikasi Bahan Baku dan Produk	I-6
BAB II URAIAN PROSES	II-1
2.1 Jenis-jenis Proses	II-1
2.2 Seleksi Proses	II-2
2.3 Sifat-Sifat Reaksi	II-3
2.4 Uraian Proses	II-6
2.5 Diagram Alir Kualitatif.....	II-8
2.6 Diagram Alir Kuantitatif.....	II-9
BAB III NERACA MASSA.....	III-1
BAB IV NERACA PANAS	IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT PROSES	V-1
BAB VI INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	VI-1
6.1 Instrumentasi.....	VI-1
6.2 Keselamatan Kerja.....	VI-7
6.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Pabrik Dimetil	

	Eter	VI-9
6.4	Pengadaan Sistem Manajemen OHSAS 18001 dan ISO 14001 pada Pabrik Dimetil Eter	VI-21
BAB VII	TATA LETAK PABRIK	VII-1
7.1	Lokasi Pabrik	VII-1
7.2	Tata Letak Bangunan dan Alat Proses	VII-7
	
BAB VIII	ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN.....	VIII-1
8.1	Bentuk Badan Usaha Perusahaan	VIII-1
8.2	Manajemen Perusahaan	VIII-3
8.3	Struktur Organisasi Perusahaan	VIII-4
8.4	Uraian Tugas, Wewenang dan Tanggung Jawab.....	VIII-7
8.5	Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	VIII-15
8.6	Status Karyawan dan Sistem Upah.....	VIII-17
8.7	Penggolongan Jabatan, Jumlah dan Gaji Karyawan.....	VIII-17
8.8	Tata Tertib	VIII-23
8.9	BPJS Ketenagakerjaan dan Fasilitas Tenaga kerja.....	VIII-23
BAB IX	UTILITAS.....	IX-1
9.1	Unit Pengolahan Air	IX-1
9.2	Unit Penyedia <i>Steam</i> (Boiler)	IX-34
9.3	Unit Pembangkit Listrik	IX-35
9.4	Unit Penyedia Bahan Bakar.....	IX-35
	
9.5	Unit Pengolahan Limbah	IX-36
BAB X	EVALUASI EKONOMI.....	X-1
10.1	Penaksiran Harga Peralatan	X-2
10.2	Penentuan Investasi Modal Total (TCI).....	X-3
10.3	Penentuan Biaya Total Produksi (TPC).....	X-6
10.4	Total Penjualan	X-9
10.5	Perkiraan Laba Usaha	X-10
10.6	Analisa Kelayakan	X-10

BAB XI KESIMPULAN	XI-1
DAFTAR PUSTAKA	DP-1
LAMPIRAN A Perhitungan Neraca Massa	A-1
LAMPIRAN B Perhitungan Neraca Panas	B-1
LAMPIRAN C Perhitungan Spesifikasi Alat Proses.....	C-1
LAMPIRAN D Perhitungan Utilitas.....	D-1
LAMPIRAN E Perhitungan Analisa Ekonomi.....	E-1

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data Penawaran Industri Petrokimia.....	I-5
Tabel 1.2	Data Kebutuhan Fenol dan Aseton.....	I-8
Tabel 1.3	Data Impor dan Pertumbuhan Cumene di Indonesia	I-9
Tabel 1.4	Pabrik Cumene yang beroperasi diseluruh dunia.....	I-10
Tabel 1.5	Sifat Fisis Katalis Beta Zeolit (QZ-2001)	I-15
Tabel 1.6	Sifat Fisis Katalis Beta Zeolit <i>Modified</i>	I-15
Tabel 2.1	Seleksi Proses.....	II-2
Tabel 3.1	Neraca Massa di <i>mixing point-01</i>	III-1
Tabel 3.2	Neraca Massa di <i>mixing point-02</i>	III-2
Tabel 3.3	Neraca Massa di Reaktor Fixed Bed-01.....	III-3
Tabel 3.4	Neraca Massa di <i>Drum</i>	III-3
Tabel 3.5	Neraca Massa di Reaktor Fixed Bed-02.....	III-4
Tabel 3.6	Neraca Massa di <i>mixing point-03</i>	III-5
Tabel 3.7	Neraca Massa di MD-01	III-5
Tabel 3.8	Neraca Massa di MD-02	III-6
Tabel 4.1	Neraca Panas <i>Mixing Point-01</i>	IV-1
Tabel 4.2	Neraca Panas <i>Mixing Point-01</i>	IV-1
Tabel 4.3	Neraca Panas <i>Vaporizer</i>	IV-2
Tabel 4.4	Neraca Panas Kompresor-01	IV-2
Tabel 4.5	Neraca Panas Panas <i>Heater-01</i>	IV-2
Tabel 4.6	Neraca Panas (<i>G-121</i>)	IV-3
Tabel 4.7	Neraca Panas <i>Heater (E-122)</i>	IV-3
Tabel 4.8	Neraca Panas Panas <i>Expander (G-211)</i>	IV-4
Tabel 4.9	Neraca Panas Kondensor Sub Cooler-01	IV-4
Tabel 4.10	Neraca Panas Heater-03	IV -5
Tabel 4.11	Neraca Panas Kompresor-03.....	IV -14

Tabel 4.12 Neraca Panas Reaktor-02	IV-11
Tabel 4.13 Neraca Panas Kondensor Sub Cooler-02	IV-16
Tabel 4.14 Neraca Panas Mixing Point-03.....	IV-17
Tabel 4.15 Neraca Panas Cooler (E-323).....	IV-20
Tabel 4.16 Neraca Panas MD-01	IV-3
Tabel 4.17 Neraca Panas MD-02	IV-4
Tabel 4.18 Neraaca Panas Cooler.....	IV-5
Tabel 6.1 Instrumentasi Pada Prarancangan Pabrik Cumene.....	VIII-5
Tabel 6.2 Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik cumene	VIII-6
Tabel 8.1 Siklus Pergantian Shift Karyawan	VIII-14
Tabel 8.2 Jumlah karyawan Yang dibutuhkan	VIII-15
Tabel 8.3 Lanjutan.....	VIII-16
Tabel 8.4 Lanjutan.....	VIII-17
Tabel 8.5 Perincian Gaji Karyawan	VIII-18
Tabel 8.6 Lanjutan.....	VIII-19
Tabel 8.7 Lanjutan.....	VIII-20
Tabel 9.1 Kebutuhan Steam	IX-3
Tabel 9.2 Kebutuhan Air Pendingin.....	IX-4
Tabel 9.3 Kebutuhan Air Sanitasi	IX-5
Tabel 9.4 Kebutuhan Air Keseluruhan.....	IX-6
Tabel 9.5 Standar Kualitas Air Bersih.....	IX-7
Tabel 9.6 Lanjutan.....	IX-7

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Struktur Molekul Dimetil Eter (DME)	I-1
Gambar 1.2	Grafik Regresi <i>Linier</i> Impor Dimetil Eter	I-5
Gambar 2.1	Diagram Alir Kualitatif Prarancangan Pabrik Dimetil Eter dari Metanol dengan Proses Dehidrasi Metanol	II-8
Gambar 2.2	Diagram Alir Kuantitatif Prarancangan Pabrik Dimetil Eter Dari Metanol dengan Proses Dehidrasi Metanol	II-9
Gambar 7.1	Peta Lokasi Rencana Pendirian Pabrik Dimetil Eter	VII-6
Gambar 7.2	Tata Letak Bangunan Pabrik Dimetil Eter	VII-10
Gambar 7.3	Tata Letak Alat Proses Pabrik Dimetil Eter	VII-15
Gambar 8.1	Bagan Struktur Organisasi Perusahaan	VIII-6
Gambar 10.1	Grafik <i>Break Event Point</i> (BEP) dan <i>Shut Down Point</i> (SDP) Prarancangan Pabrik Cumene dari Propilen dengan Proses Dehidrasi Metanol Kapasitas 30.000 Ton/Tahun ...	X-14

DAFTAR PUSTAKA

Anonim¹. 2013. *Unit Pembangkit*.

http://www.academia.edu/8971710/RUPTL_PLN_2013_-_2022.

Anonim². 2014. *Lampu Philips QL Induction*.

http://www.lighting.philips.com/pwc_li/us_en/connect/tools_literature/downloads/p-5456.pdf.

Aries, R.S.and Newton, R.D., 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: MC Graw Hill Book Company inc.

Asvif, B. (2016). Production of *Cumene* via Alkylation of Benzene and Propylene By Honeywell UOP QMax Technology. December, 0–1.

Bondiera, J. and Nacchache, C.1991. *Kinetic of Methanol Dehydration on Dealuminated H-Mordenite Model with Acid and Basic Active Centres*. *Applied Catalysis* 69 (1991) 139-148.

BPS (2024): Data Impor Ekspor Nasional *Cumene*.

<https://www.bps.go.id/id/exim>. 5 Mei, 2024

Branan, 2005. *Rule of Thumbs For Chemical Engineer*, 4th, Ed, Prentice Hall

Brown, G. G et all. 1956. *Unit Operations*. New York : John Wiley & Sons, Inc.

Brownell, Llyod E and Edwin H.Y. 1959. *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Chemical Engineering Plant Cost Index-CE PCI 2016.

[http://www.Chemengque.eensu.ca./CEP\(1_2016\)Pdf](http://www.Chemengque.eensu.ca./CEP(1_2016)Pdf).

Considine, Douglas M. 1985. *Instruments and Controls Handbook 3rd Edition*. USA: Mc.Graw-Hill, Inc.

Coulson, J.M and J. F Richardson. 1999. *Chemical Engineering Design Volume 6*. Department of Chemical Engineering: Butterworth-Heinemann.

Dean, J. A., (1999): Lange's Handbook of Chemistry. 15th ed., McGraw-Hill Inc, United States of America

Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2002. *Standar Kualitas Air Bersih*.

Dogra, B. S. (1990). *Understanding Statistics*. New Age International. United States of America

Farsi, M. Eslamiouyan and A Jahanmiri. 2011. *Modeling, Simulation and Control Dimethyl Ether Synthesis in an Industrial Fixed-Bed Reactor. Chemical Engineering Processing* 650 (2011) 85-94.

Fessenden, R.J., dan Fessenden, J.S., 1986. *Kimia Organik Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.

Foust, Alan S, Leonard A.W, Curtis W.C, Louis M and L. Bryce Andersen. 1980. *Principles of Unit Operation Second Edition*. USA: John Willey and Sons.

Geankoplis, Christie John. 1997. *Transport Processes and Unit Operation Third Edition*. New Jersey: Prentice Hall.

Gordon, M, Fair. 1968. *Water and Waste Water Engineering Volume 2*. New York: John Willey & Sons Inc.

- Gupta, *et al.* 2015. Synthesis of Cumene By Transalkylation Over Modified Beta Zeolite: A kinetic Study
- Hesse, H.C. 1945. *Process Equipment Design*. New Jersey: D. Van Nostrand Company, Inc.
- Himmeblau, David M and James B.Riggs. 2004. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering Seventh Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Jumarmi. 2019. Prarancangan Pabrik *Cumene* dari Propilena dan Benzena Dengan Proses Q-MAX Kapasitas 110.000 Ton/Tahun. UMS Repository. Surakarta
- Kekulé, F. A. (1866). *Ueber die Struktur der Organischen Chemischen Verbindungen*. Verlag von Wilhelm Engelmann. United States of America
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: Mc.Graw Hill.
- Ketta, John, 1990. *Encyclopedia Chemical Process and Design*. Marchell Dekker Inc., New York.
- Khandan, N.Mohammad. K, et.al. 2008. *Determining an Optimum Catalyst for Liquid-Phase Dehydration Methanol to Dimethyl Ether*. *Applied Catalysis A: General* 349 (2008): 6-12.
- Kirk-Othmer. 1981. *Encyclopedia of Chemical Technology Vol.19*. John Wiley & Sons inc. New York.
- Kualitas Air, 2001 PP No. 8 Tahun 2001.
[http://www.hpli.org/reg/P/PP%2008%201001\\$20 kualitas air Pdf](http://www.hpli.org/reg/P/PP%2008%201001$20%20kualitas%20air%20Pdf).

- Luyben. L Wiliam, 1999, *Desing and Control Cumene*, 1999
- Mitschke, P. et al. 2012. *Manufacturing of Dimethyl Ether from Crude Methanol*.
US Patent Application Publication. United Satet. PCT/EP10/06498.
- Mc.Cabe.JF.Walls. A. 1993. *Applied Dental Material*. Singapore: *Blackwell Publishing*.
- Maisaroh & Purwanto A., 2019. Penerapan Prinsip Termodinamika, Pemuaian Termal dan Perpindahan Kalor Dalam Kehidupan Sehari-hari. *Jurnal Fisika Papua*. Vol.03. No.02
- Perry, R.H. & Don Green. 1984. *Chemical Engineer's Hand Book*, 6th ed. McGraw-Hill Book Co. Tokyo.
- Rase, Howard F and Holmes J. R. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plants Volume One : Principles and Techniques*. New York: John Wiley and Sons.
- Smith, J.M, H.C Van Ness and M.M Abbott. 2005. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics Seventh Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M. dan Swihart, M. T. (2018):
Introduction To Chemical Engineering Thermodynamics. 8th Edition.
McGraw Hill LLC. New York
- Sutarto. 2002. *Dasar-dasar Organisasi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Ogawa. 2003. *Direct Dimethyl Ether Synthesis*. *Journal of Natural Gas Chemistry*
12 (2003) 219-227.
- Technical Information and Safe Handling Guide for Methanol. 2006.

- Timmerhaus, Klaus D and Max S.P. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers Fourth Edition*. Singapore: Mc Graw Hill.
- Treybal, R.E. 1981. *Mass Transfer Operation Third Edition*. Singapore: McGraw Hill Book Company.
- Trisnadi, Arifiansyah, Putra Sugili dan SuryoRantjono. 2009. *Optimasi Tawas Dan Kapur untuk Koagulasi Air Keruh dengan Penanda I-131*. Seminar Yogyakarta: Nasional V SDM Teknologi Nuklir.
- Turton, R., 1998. *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Process*. 2nd ed. New Jersey: Upper Saddle River.
- Turton, R., Bailie, R.C., Whiting, W.B., 2009, *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, 3ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Willey and Sons.
- UOP. (2006). Honeywell UOP. Process Technology and Equipment Q-Max Process. UOP LLC.
- Vaith, F., & Keyes, A. (1965). *An Introduction to Social Psychology*. Harper & Row. New York.
- Vakili, R., E. Pourazadi, et al. 2011. *Direct Dimethyl Ether (DME) Synthesis Throught a Thermally Coupled Heat Exchanger Reactor*. *Applied Energy* 88 (2011) 1211-1223.
- Walas, S.M. 1959. *Chemical Process Equipment (Selection and Design)*. USA: Buterworth-Heineman.

Yaws, C.L., (1999): Chemical Properties Handbook, McGraw Hill, New York