

**PRARANCANGAN PABRIK METANOL DENGAN PROSES LURGI-LOW
PRESSURE METHANOL DENGAN DISAIN ALAT UTAMA REAKTOR
SYNTHESIS METHANOL (R-03)**

Muhammad Saleh¹⁾, Edy Saputra²⁾

1) Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, 2) Dosen Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru, 28293

E-mail : muhammad.saleh5578@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Methanol is often called methyl alcohol with the chemical formula CH_3OH . Methanol is commonly used for solvents, anti-freezing refrigerants, and fuels. Methanol is also an intermediate compound that is used as raw material for various industries including acetic acid, formaldehyde, MTBE, polyvinyl, polyester, and DME industries. The need for methanol in Indonesia continues to increase. The raw material used in this methanol plant design is natural gas. This methanol plant will operate for 330 days per year with a continuous work of 24 hours/day and a capacity of 200,000 tons/year which will be established in Dumai, Riau. The main equipment design in this plant is the Reactor Synthesis Methanol which functions to form methanol in the form of synthesis gas as carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO_2) and hydrogen (H_2) with the help of H_2O . The Synthesis Methanol Reactor is operated at a pressure of 50 bar and a temperature of 250°C . The economic analysis on the design of this plant shows that the Methanol plant with the Lurgi Low Pressure process is feasible to be built with the profit after tax of Rp8,190,624,006,578 and the factory Payback Period (PBP) of 3.1 years.

Keywords: *Lurgi Low Pressure Process, Methanol, Natural Gas, Synthesis Gas, Synthesis Methanol Reactor*

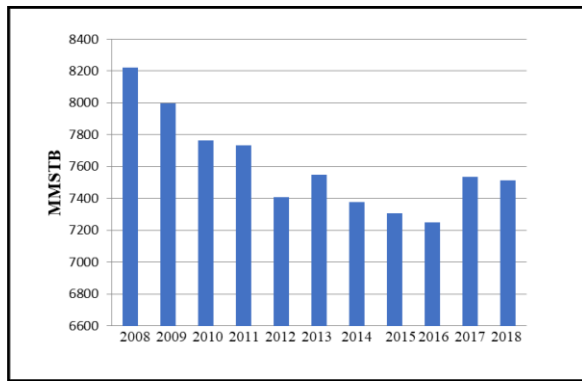
1. PENDAHULUAN

Metanol merupakan bentuk alkohol yang paling sederhana dengan rumus kimia CH_3OH . Metanol berbentuk cairan yang ringan, tidak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khusus. Metanol biasa digunakan untuk pelarut, bahan pendingin anti beku, dan bahan bakar. Di industri, metanol dapat dijadikan sebagai bahan baku seperti industri asam asetat, formaldehid, MTBE, *polyvinyl*, *polyester*, dan DME (Wynn, 2014).

Di Indonesia sudah terdapat industri yang memproduksi metanol yaitu PT. Kaltim Methanol Industri, namun kapasitas produksinya belum mampu untuk mencukupi kebutuhan metanol dalam negeri. Dimana, pada

tahun 2018 menurut Badan Pusat Statistik (2019), Indonesia mengimpor metanol sebanyak 701.291,5 ton yang merupakan impor tertinggi dibanding tahun-tahun sebelumnya. Hal ini menunjukkan kebutuhan metanol di dalam negeri terus meningkat, sehingga diperlukan pembuatan pabrik baru untuk mensuplai kebutuhan metanol di Indonesia.

Secara teori metanol dapat dibuat dari proses penyulingan biomassa, gasifikasi batu bara dan sintesis gas alam. Produksi gas alam di Indonesia yang relatif banyak menjadi salah satu pertimbangan penggunaan gas alam sebagai bahan baku. Produksi gas alam di Indonesia dari tahun 2008 sampai tahun 2018 seperti pada Gambar 1.

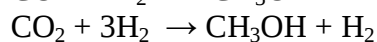
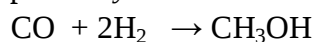


Gambar 1. Grafik Cadangan Gas Alam Indonesia Selama 10 Tahun Terakhir (Kementrian ESDM, 2018)

Jumlah gas alam yang melimpah yang ditunjukkan Gambar 1 sebagai bahan baku pembuatan metanol serta besarnya permintaan metanol di sektor industri menjadikan pendirian pabrik metanol merupakan hal yang sangat menjanjikan dan mempunyai prospek yang bagus dimasa depan mengingat kebutuhan metanol yang sangat besar serta Indonesia masih mengimpor dari luar negeri.

Pada proses sintesis metanol (R-03) digunakan reaktor yang beroperasi pada kisaran suhu 250 °C dan tekanan 50 bar. Pada teknologi Lurgi digunakan reaktor tipe *shell* dan *tube* dengan katalis yang diisi dalam *tube*. Katalis yang digunakan pada reaktor ini adalah Cu/ZnO/Al₂O₃ di bagian *shell* terdapat *boiler feed water* (BFW). Panas reaksi dihilangkan dengan mengalirkan air dingin di sisi *shell* dan ini menghasilkan *steam* bertekanan tinggi untuk penggunaan lain (Arthur, 2010). Pemilihan jenis reaktor ini didasarkan atas beberapa pertimbangan pada katalis yang digunakan, dan kondisi operasi yang sesuai di unit operasi ini.

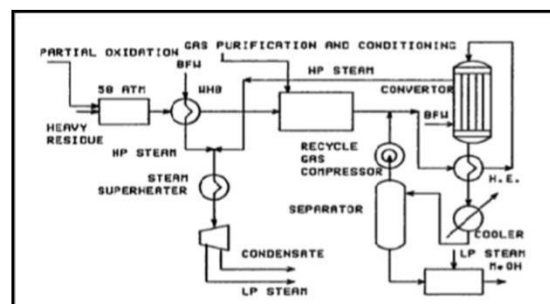
Adapun reaksi yang terjadi pada proses *Syntesis Methanol* ini adalah :



2. DESKRIPSI PROSES

Proses sintesis metanol dengan teknologi Lurgi digunakan reaktor *shell* dan *tube* yang beroperasi pada suhu 250 - 260 °C dan tekanan 50 - 60 bar. Reaksi sintesis metanol terjadi di bagian *tube* yang berisi katalis, sedangkan bagian *shell* dialirkan air pendingin untuk mengontrol suhu reaktor (Lee, 1990). Panas reaksi dihilangkan dengan mengalirkan air pendingin di sisi *shell* dan menghasilkan *steam* bertekanan tinggi. Reaksi pembuatan metanol yang terjadi pada proses Lurgi dengan menggunakan katalis CuO dan Al/Zn/Al₂O₃.

Reaktor Lurgi memiliki profil suhu hampir isothermal dengan penurunan suhu yang rendah sekitar 10-12°C di sepanjang tabung, dengan demikian diperoleh selektivitas tinggi. Stabilitas termal ini menyebabkan jumlah katalis yang diperlukan lebih kecil dibandingkan dengan reaktor *quench*. Jenis reaktor ini tidak sensitif terhadap perubahan suhu umpan dan dapat dikontrol langsung oleh cairan pendingin. Gambar 2 adalah skema aliran untuk proses Lurgi.



Gambar 2. Flow Sheet Proses Metanol Tekanan Rendah Lurgi (Arthur, 2010)

Gas alam dengan tekanan 10 bar diumpan ke *pre-reformer* dengan menggunakan kompresor sehingga tekanan gas alam naik menjadi 29,5 bar dan suhu tetap 15°C. Selanjutnya gas alam dipanaskan dengan pemanas dan gas

keluaran dipanaskan lagi dengan *furnace* hingga diperoleh suhu sebesar 550°C. Gas alam masuk ke reaktor *pre-reformer* dan mengalir melewati katalis sehingga menghasilkan *syngas*. Selanjutnya *syngas* hasil proses *pre-reforming* diubah menjadi metanol dengan menggunakan reaktor *syntesis methanol*. Pada proses sintesis metanol digunakan reaktor yang beroperasi pada kisaran suhu 250 °C dan tekanan 50 bar.

3. METODOLOGI

Dalam penyelesaian perhitungan “Prarancangan Pabrik Metanol Dengan Proses *Lurgi-Low Pressure Methanol* Dengan Disain Alat Utama Reaktor *Syntesis Methanol (R-03)*” dilakukan dengan data-data sekunder dan literatur-literatur yang terkait.

4. DESAIN ALAT UTAMA REAKTOR SYNTESIS METHANOL

Reaktor *Syntesis Methanol* adalah alat yang berfungsi sebagai tempat reaksi pembentukan metanol dari *syngas*. Umpan yang masuk merupakan fasa gas. Produk keluaran reaktor berupa gas dengan komposisi metanol (CH_3OH) dan air (H_2O) serta sisa-sisa reaktan yang tidak bereaksi seperti CO_2 , CO , dan H_2 (Arthur, 2010).

Perancangan reaktor *synthesis methanol* dilakukan atas beberapa tahapan yakni :

1. Menentukan volume reaksi dan waktu tinggal.
2. Menentukan jenis reaksi (endotermis atau eksotermis)
3. Menentukan kondisi operasi yang diperlukan (isothermal atau adiabatik)
4. Menentukan tipe reaktor (*multitube*, *multibed* atau *single fixed bed*).

ditentukan.

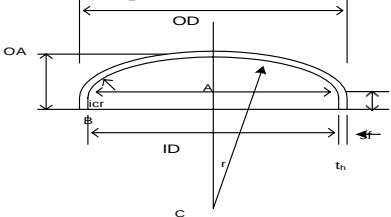
6. Merancang bagian internal reaktor dan aksesoris pendukung alat (penyangga, nozzle, *flange*, dll).

Adapun hasil perancangan reaktor *synthesis methanol* didapatkan spesifikasi alat seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Reaktor *Syntesis Methanol*

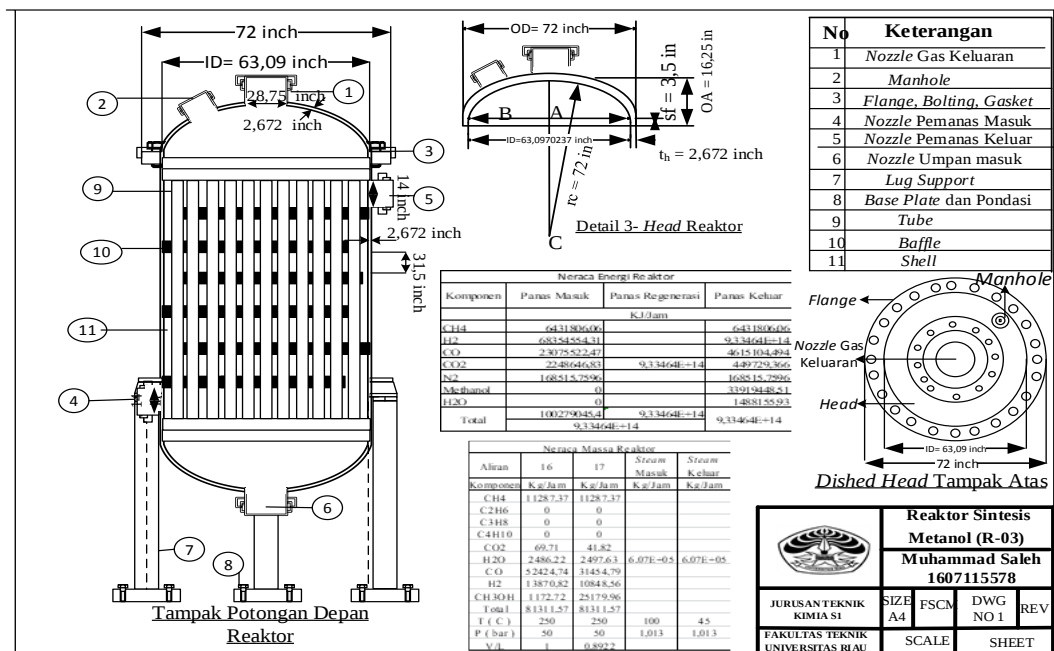
Spesifikasi Alat		
Kode Alat	R-01	
Jenis	Reaktor <i>Fixed Bed Multi Tube</i>	
Material Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	
Operasi		
Temperatur	550 °C	523 K
Tekanan	725,1912 psi	49,34 atm
Desain Shell		
<i>Inside Diameter Shell</i>	1,602 m	63,09 in
<i>Outside Diameter Shell</i>	1,82 m	72 in
<i>Tebal Shell</i>	0.079 m	3 in
<i>Tinggi Shell</i>	7.315 m	288 in
Tekanan Desain	696.18 Psi	
Desain Tube		
<i>Inside Diameter Tube</i>	0.102 m	4.026 in
<i>Outside Diameter Tube</i>	0.1143 m	4.5 in
<i>Tebal Tube</i>	0.006 m	0.237 in
<i>Tinggi Tube</i>	7.315 m	288 in
Jumlah Tube	72 tube	
Nozzle Umpan		
NPS	14 in	
No. <i>Schedule</i>	14 in	
OD _T	14 in	
ID _T	13,25 in	
<i>Flow Area</i>	138 in ²	
<i>Weight</i>	54.6 lb/lin ft	
Nozzle Produk		
NPS	14 in	
No. <i>Schedule</i>	14 in	
ID _T	14 in	
OD _T	13,25 in	
<i>Flow Area</i>	138 in ²	
<i>Weight</i>	54,6 lb/lin ft	
Nozzle Pemanas Masuk		
NPS	14 in	
No. <i>Schedule</i>	14 in	
OD _T	14 in	
ID _T	13,25 in	
<i>Flow Area</i>	138 in ²	

5. Selanjutnya spesifikasi alat

Nozzle Pemanas Keluar		
NPS	14 in	
No. Schedule	14 in	
OD _T	14 in	
ID _T	13,25 in	
Flow Area	138 in ²	
Spesifikasi Baut		
Bolt Size	6,25 in	
Root Area	5,621 in ²	
Minimal Radian Distance	3,625 in	
Edge Distance	2,875 in	
Bolt Spacing	6,25 in	
Jumlah Baut	36 buah	
Flange		
Material Flange	Carbon Steel SA-283 Grade C	
Allowable Stress	12650 psi	
Tebal Flange	2,965 in	
Gird Support		
Penyangga	4 kaki	
Perforate plate	53,36 in ²	
Tebal minimum plate	17,5 in	
Luas total pipa	106,75 in ²	
Tekanan total	997,35 psi	
Spesifikasi Head		
		
Tebal Head	0,067 m	2,672 in
Icr	0,111 m	4,38 in
R	1,82 m	72 in
B	0,255 m	10,075 in
AC	1,572 m	61,95 in
BC	1,71 m	67,625 in
OA	0,41 m	16,25 in
Manhole		
Weld A	0.0222 m	0.875 in
Weld B	0.0381 m	1.5 in
Panjang sisi (L)	1.0795 m	42.5 in
Lebar Reinforcement (W)	1.2446 m	49 in
Max. Diameter Lubang (Dp)	0.6858 m	27 in
Diameter Manhole (Min)	0.508 m	20 in

ID)		
Diameter <i>Manhole</i> (Max ID)	0.508 m	20 in
Diameter <i>Cover Plate</i>	0.73025 m	28.75 in
Diameter <i>Bolt Circle</i> (DB)	0.6636	26.125 in
Reaktor		
Tinggi Reaktor	8,146 m	
Diameter Reaktor	1,82 m	
Berat Reaktor		
Berat <i>Shell</i>	35029,9 kg	
Berat <i>Head dan Bottom</i>	4,71 kg	
Berat <i>Tube</i>	8376,392 kg	
Berat Aksesoris	99,06 kg	
Berat Material pada Reaktor	13164.434 kg	
Berat Total	73508,3 kg	
Sistem Penyangga		
Hlug	220,340 in	
I-beam	10 in	
Lebar <i>flange</i>	4,944 in	
<i>Web Thickness</i>	0,594 in	
Ketebalan rata-rata	0,491 in	
<i>Area of Section</i>	10,22 in ²	
Berat/ft	35 lb	
Base Plate Planning		
Berat Satu Lug	642,661 lb	
Beban <i>base plate</i>	41157,15 lb	
<i>Base Plate Area</i>	137,190 in ²	
Tebal <i>Base Plate</i>	1 in	
Pondasi		
Berat total yang diterima pondasi	203215,1214 lb	
Luas tanah bagian atas (a)	5184 in ²	
Luas tanah bagian bawah (b)	5929 in ²	
Tinggi Pondasi	30 in	
Volume Pondasi	166403,43 in ³	
Berat Pondasi	13481,75938 lb	
Berat total yang diterima oleh tanah	216696,8808 lb	
Tegangan karena Beban (r)	5263,037702 lb/ft ²	

Adapun gambar reaktor *syntesis methanol* ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Reaktor Syntesis Methanol

5. ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi terhadap perancangan pabrik dilakukan untuk mengetahui kelayakan pabrik tersebut untuk didirikan. Dalam mendirikan pabrik, dibutuhkan *Plant Cost Estimation* Dan *Production Cost Estimation*. *Plant Cost Estimation* merupakan perkiraan ekonomi pendirian suatu pabrik hingga pabrik tersebut beroperasi. Biaya ini termasuk *Fixed Capital Investment* (FCI) dan *Working Capital Investment* (WCI). Pada industri kimia perhitungan WCI yaitu 10-20% dari *Total Capital Investment* (Peters et al, 2003). Yang termasuk *Plant cost estimation* seperti biaya peralatan utama, biaya instalasi, biaya listrik.

Production Cost Estimation adalah keseluruhan biaya yang dikeluarkan pada pengolahan bahan baku menjadi bahan jadi dan sampai produk berada di pasar. Total biaya produksi terdiri dari *manufacturing cost*, *fixed charge*, dan *plant overhead cost* (Peters et al, 2003).

Tabel 2. Plant Cost Estimation

Direct Cost (DC)	
Biaya Peralatan (BP)	Rp117.878.743.718,86
Instrumentasi & Kontrol (50% BP)	Rp58.939.371.859,43
Perpipaan (50% BP)	Rp58.939.371.859,43
Instalasi listrik (10% BP)	Rp47.151.497.487,54
Bangunan (10% BP)	Rp58.939.371.859,43
Fasilitas pelayanan & yard improvement (90% BP)	Rp106.090.869.346,97
Land (8% BP)	Rp9.430.299.497,51
Total Direct Cost (DC)	Rp457.369.525.629,17
Indirect Cost (IC)	
Teknisi & supervisor (5% DC)	Rp137.210.857.688,75
Konstruksi & kontraktor fee (20% FCI)	Rp191.800.123.650,94
Legal expenses (3% FCI)	Rp28.770.018.547,64
Kontingensi (15% FCI)	Rp143.850.092.738,21
Total Indirect Cost (IC)	Rp36.579.234.351.368

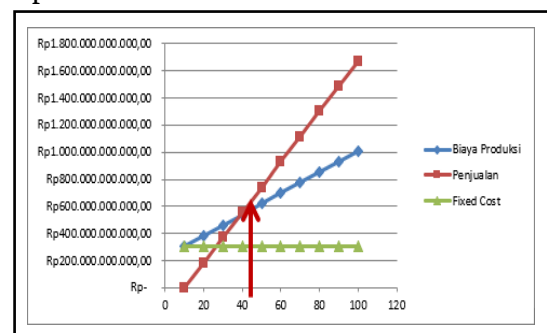
Fixed Capital Investment (FCI)	Rp959.000.618.254,71
Working Capital Investment (WCI)	Rp169.235.403.221,42
Total Capital Investment (TCI)	Rp1.128.236.021.476,12

Tabel 3. Estimasi Total Biaya Produksi

A. Direct Production Cost	
<i>Raw Material</i>	Rp654.248.634.717,19
<i>Operating labor (GK)</i>	Rp18.103.200.000,00
<i>Direct supervisory</i>	Rp1.810.320.000,00
<i>Utilitas</i>	Rp109.071.609.758,62
<i>Maintenance and repairs (MR)</i>	Rp47.950.030.912,74
<i>Operating supplies</i>	Rp4.795.003.091,27
<i>Laboratory charges</i>	Rp1810.320.000,00
<i>Patent and royalties</i>	Rp21.814.321.951,72
Total Direct Product Cost	Rp859.603.440.431,54
B. Fixed Charges (FC)	
<i>Financing</i>	Rp 11.282.360.214,76
<i>Depresiasi</i>	Rp 47.950.030.912,74
<i>Local Taxes</i>	Rp9.590.006.182,55
<i>Insurances</i>	Rp9.590.006.182,55
Total Fixed Charges	Rp78.412.403.492,59
C. Plant Overhead Cost	
<i>Plant Overhead Cost (POC)</i>	Rp54.535.804.879,31
Manufacturing Cost	Rp992.551.648.803,44
D. General Expenses (GE)	
<i>Administrative cost</i>	Rp21.814.321.951,72
<i>Distribution and Marketing Cost</i>	Rp21.814.321.951,72
<i>Research and Development Cost</i>	Rp54.535.804.879,31
Total General Expenses	Rp98.164.448.782,76
Total Production Cost (TPC)	Rp1.090.716.097.586,20

Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari laba yang diperoleh, *payback period* (PBP), *Break Event Point* (BEP) dan *Return On Investment* (ROI). *Payback Period* menunjukkan seberapa cepat proyek dapat mengembalikan investasi. *Payback Period* pabrik ini yaitu selama 3 tahun 0,1056 bulan.. Nilai ini menunjukkan bahwa pabrik Metanol ini layak untuk didirikan karena pengembalian modal kurang dari 5 tahun masa operasi.

Break Event Point (BEP) merupakan titik dimana hasil produksi pabrik tidak memberikan keuntungan dan juga tidak rugi. Biasanya BEP disebut sebagai titik impas antara pendapatan dan biaya produksi yang diperoleh dari kapasitas produksi. Pada pabrik ini nilai BEP yang diperoleh sebesar 40%.



Gambar 4. Grafik Perhitungan BEP

Return On Investment (ROI) merupakan perkiraan tingkat keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Nilai ROI yang diperoleh pada pabrik Metanol ini adalah 36,3%.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Pra-rancangan pabrik metanol dengan proses *Lurgi-Low Pressure Methanol* dengan kapasitas 200.000 ton/tahun ini akan direncanakan di kawasan industri Pelintung Dumai. Dapat dihitung evaluasi ekonominya, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pertimbangan kondisi operasi Reaktor *Syntesis Methanol* pada suhu 250°C dan tekanan pada reaktor adalah 50 atm, sifat bahan baku dan produk yang beracun maka pabrik metanol ini dapat dikategorikan sebagai pabrik yang beresiko tinggi.
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
 - a. Keuntungan dapat diperoleh sebelum pajak adalah Rp12.600.960.010.120, sedangkan keuntungan setelah pajak adalah Rp8.190.624.006.578.
 - b. *Return On Investment* (ROI) adalah 36,3%.
 - c. *Payback Period* (PBP) adalah 3 tahun 0,1056 bulan.
 - d. *Break Event Point* (BEP) adalah 40%.
 - e. Dari data hasil perhitungan analisis ekonomi diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik metanol dengan proses *Lurgi-Low Pressure Methanol* layak untuk didirikan.

6.2 Saran

Dalam perancangan Reaktor *Syntesis Methanol fixed bed multitube* sebaiknya dilakukan dengan aplikasi simulasi seperti *aspen hysys*, *matlab*, dan lainnya untuk memprediksi ukuran reaktor pada berbagai kapasitas produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- API Standard 560, Fired Heaters for General Refinery Services, 3rd edition, 2001
- Brownell, L.E., dan E.H. Young. 1959. *Process Equipment Design: Vessel Design*. John Willey and Son Inc. New York.
- Coulson and Richardson's. 2005. *Chemical Engineering Design*. Chemical Engineering Series. Vol.6.4th Edition.
- Risayekti, Peralatan LPG, Diktat Akamigas Prodi Refinery Diploma III, Akamigas, Cepu. 2006.
- Fogler, Scott, H.1999. *Elements of Chemical Reaction Engineering*, Ed. 3th . Prentice Hall International : London.
- Geankoplis, C.J., 1995. *Transport Process and Unit Operation* Third Edition. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey
- G.H. Graaf, P.J.J.M. Sijtsma, E.J. Stamhuis, G.E.H. Joosten, *Chem. Eng. Sci.* 41 (11)(1986) 2883-2890
- G.H. Graaf, E.J. Stamhuis, A.A.C.M. Beenackers, *Chem. Eng. Sci.* 43 (12)(1988) 3185-3195
- Kirk, et al. 1949. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Kirk – Othmer, New York.
- Levenspiel, O.1999. *Chemical Reaction Engineering*, Ed. 3 rd . John Wiley and Sons : New York.
- McKetta, J.J.1979. *Chemical Processing Handbook: United States Of America*.
- Perry, R.H and Green, D.W.2008. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. 8th Edition. USA.
- Peter, Max S and Timmerhauss, Klaus D, 1991, *Plant Design and Economics For Chemical Engineer*, Mc Graw Hill, New York.
- Sinnott, R. K., 2005, "Chemical Engineering design", ed. 4th, vol. 6, Elsevier, Oxford.
- Treyball, E., "Mass Transfer Operation", International Student Edition, Koagakusha Company, Tokyo.
- Walas, S.M., J. R. Couper, W. R. Penney, et al. 1988. *Chemical Process Equipment Selection and Design* 3rd Edition. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Wilkinson, S.K, et al. 2016. "Understanding the generation of methanol synthesis and water gas shift activity over copper-based catalysts- A spatially resolved

experimental kinetic study using
steady and non-steady state operation
under CO/CO₂/H₂ feeds".UK

Wynn, Nicholas et al. 2014. "Process for
Production of Methanol Including
Two Membranes Separation Steps".
United States Patent. 8,633,926 B2.