

PRARANCANGAN PABRIK METANOL DENGAN PROSES LURGI-LOW PRESSURE METHANOL DENGAN DISAIN ALAT UTAMA REAKTOR PRE-REFORMING

Denny Elisabet Situmeang¹⁾, 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 : denny.elisabet5619@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Methanol is the simplest form of 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 Pre-Reforming which functions to form synthesis gas in the form of carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO_2) and hydrogen (H_2) with the help of H_2O . The Pre-Reforming Reactor is operated at a pressure of 29.5 bar and a temperature of 550°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: *Economic Analysis, Lurgi Low Pressure Process, Methanol, Pre-Reforming Reactor*

1. PENDAHULUAN

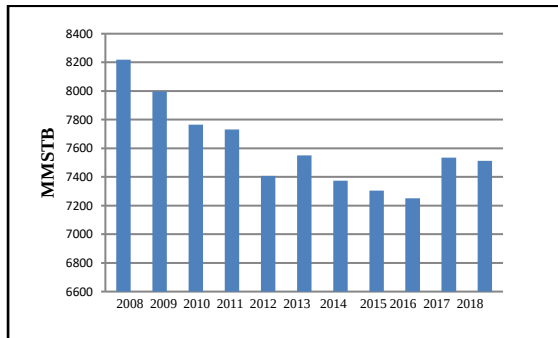
Metanol adalah produk yang banyak digunakan secara global untuk aplikasi industri. Ini juga sangat penting dikarenakan menipisnya sumber daya bahan bakar fosil saat ini dan dianggap sebagai bahan bakar alternatif yang ideal karena sumber daya minyak dan gas yang sudah menipis. Metanol merupakan senyawa intermediate yang menjadi bahan baku untuk berbagai industri antara lain industri asam asetat, formaldehid, MTBE, *polyvinyl*, *polyester*, dan DME (Wynn, 2014).

Kebutuhan metanol didalam negeri terus meningkat, tercatat pada tahun 2018 menurut Badan Pusat Statistik (2019), Indonesia mengimpor metanol sebanyak

701.291,5 ton yang merupakan impor tertinggi dibanding tahun-tahun sebelumnya. Di Indonesia sudah terdapat industri yang memproduksi metanol yaitu PT. Kaltim Methanol Industri, namun kapasitas produksinya belum mampu untuk mencukupi kebutuhan metanol dalam negeri sehingga diperlukan pembuatan pabrik baru untuk dapat 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.

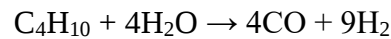
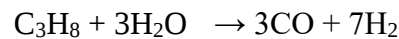
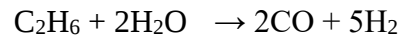


Gambar 1. Grafik Cadangan Minyak Bumi Indonesia Selama 10 Tahun Terakhir (Kementrian ESDM, 2018)

Dengan banyaknya cadangan gas di Indonesia 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.

Reaktor *Pre-Reforming* yang digunakan pada proses produksi metanol dengan kapasitas 200.000 ton/tahun ialah *Fixed Bed Multitube Reactor*. Pemilihan jenis reaktor ini didasarkan atas beberapa pertimbangan pada katalis yang digunakan, dan kondisi operasi. Selain itu, katalis yang digunakan pada reaksi ialah katalis padat NiO. Katalis ini berbeda fasa dengan umpan sehingga disebut katalis heterogen. Pada reaktor ini juga digunakan tube sebagai tempat dari penampungan katalis didalam reaktor. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka dipilih reaktor jenis *fixed bed multitubular*. Dengan kondisi suhu gas alam pada *pre-reforming* 550 °C serta tekanan gas alam pada *pre-reforming* 29.5 bar.

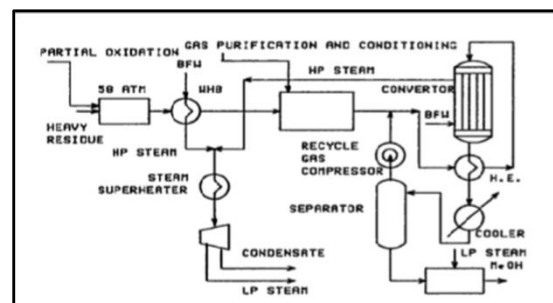
Adapun reaksi yang terjadi pada proses *pre-reforming* ini adalah :



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. Pada reaktor *pre-reformer* dialirkan H₂O dengan menggunakan pompa dan dipanaskan dengan pemanas untuk memperoleh suhu sebesar 550°C.

3. METODOLOGI

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

4. DESAIN ALAT UTAMA REAKTOR *PRE-REFORMING*

Reaktor *Pre-Reforming* adalah alat yang berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi gas alam dan air (H₂O). Umpan yang masuk merupakan fasa gas. Produk keluaran reaktor berupa gas sintesa dengan komposisi karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂) dan hidrogen (H₂) (Arthur, 2010).

Perancangan reaktor *pre-reforming* dilakukan atas beberapa tahapan yakni :

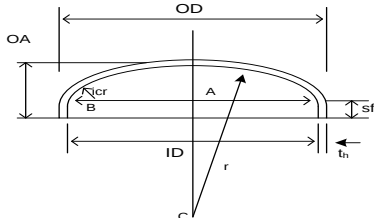
1. Menentukan volume reaksi dan waktu tinggal.
2. Menentukan jenis reaksi (endotermis atau eksotermis)
3. Menentukan kondisi operasi yang diperlukan (isothermal atau adiabatik)
4. Menentukan tipe reaktor (*multitube*, *multibed* atau *single fixed bed*).
5. Selanjutnya spesifikasi alat ditentukan.

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

Adapun hasil perancangan reaktor *pre-reforming* didapatkan spesifikasi alat seperti ditampilkan pada Tabel 1.

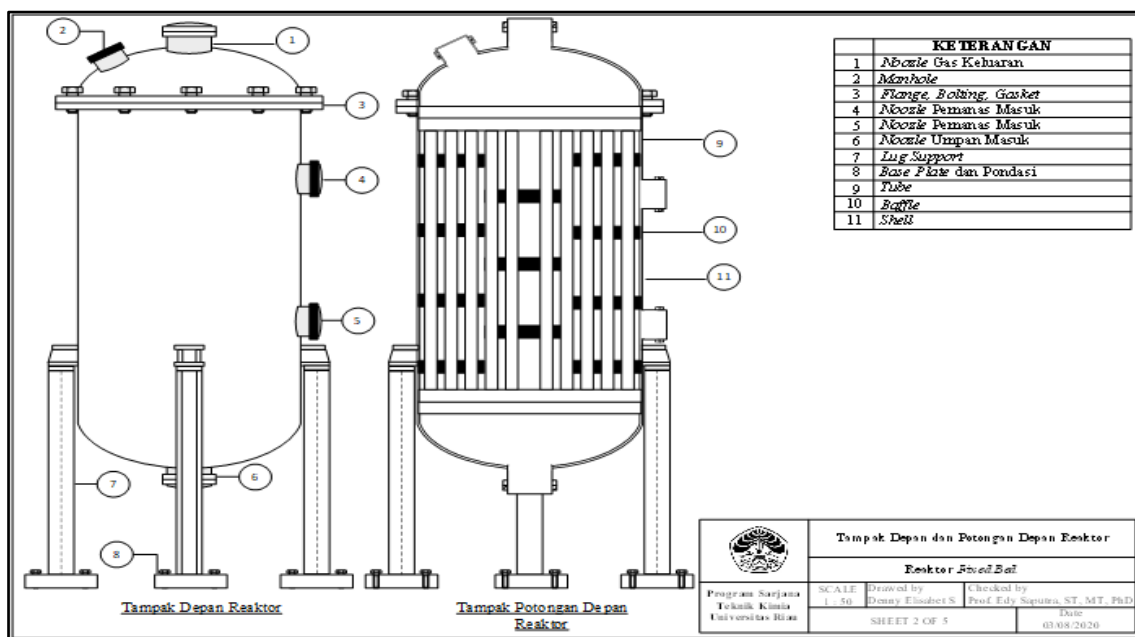
Tabel 1. Spesifikasi Reaktor *Pre-Reforming*

Spesifikasi Alat		
Kode Alat	R-01	
Jenis	Reaktor <i>Fixed Bed Multi Tube</i>	
Material Konstruksi	Carbon Steel SA-283 Grade C	
Operasi		
Temperatur	550 °C	823 K
Tekanan	427.86 psi	29.11 atm
Desain Shell		
<i>Inside Diameter Shell</i>	1.516 m	59.68 in
<i>Outside Diameter Shell</i>	1.676 m	66 in
<i>Tebal Shell</i>	0.0412 m	1.625 in
<i>Tinggi Shell</i>	7.315 m	288 in
Tekanan Desain	696.18 Psi	
Desain Tube		
<i>Inside Diameter Tube</i>	0.1016 m	4.026 in
<i>Outside Diameter Tube</i>	0.1143 m	4.5 in
<i>Tebal Tube</i>	0.006 m	0.236 in
<i>Tinggi Tube</i>	7.315 m	288 in
Jumlah Tube	67.34 tube	
Nozzle Umpan		
NPS	20 in	
No. <i>Schedule</i>	20 in	
ID _T	20 in	
OD _T	19.25 in	
<i>Flow Area</i>	291 in ²	
<i>Weight</i>	78.6 lb/lin ft	
Nozzle Produk		
NPS	20 in	
No. <i>Schedule</i>	20 in	
ID _T	20 in	
OD _T	19.25 in	
<i>Flow Area</i>	291 in ²	
<i>Weight</i>	78.6 lb/lin ft	
Nozzle Pemanas Masuk		
NPS	20 in	
No. <i>Schedule</i>	20 in	
ID _T	20 in	
OD _T	19.25 in	
<i>Flow Area</i>	291 in ²	
Nozzle Pemanas Keluar		
NPS	20 in	

No. Schedule	20 in	
ID _T	20 in	
OD _T	19.25 in	
Flow Area	291 in ²	
Spesifikasi Baut		
Bolt Size	2 in	
Root Area	2.625 in ²	
Minimal Radian Distance	2.5 in	
Edge Distance	2 in	
Bolt Spacing	4.25 in	
Jumlah Baut	38 buah	
Flange		
Material Flange	Carbon Steel SA-283 Grade C	
Allowable Stress	12650 psi	
Tebal Flange	7.3136 in	
Gird Support		
Penyangga	4 kaki	
Perforate plate	50.51 in ²	
C	0.75 in	
D	66 in	
Tebal minimum plate	13.8 in	
Luas total pipa	101.02 in ²	
Tekanan total	737.895 psi	
Spesifikasi Head		
		
Tinggi Head	0.428 m	16.85 in
Tebal Head	0.0345 m	1.36 in
Sf	0.1143002 m	4.5 in
Icr	0.1238 m	4.875 in
R	1.524 m	60 in
B	1.248 m	10.87 in
AC	0.635 m	25 in
BC	1.4002 m	55.13 in
OA	0.428 m	16.85 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	8.176 m	
Diameter Reaktor	1.516 m	
Berat Reaktor		
Berat <i>Shell</i>	23046.721 kg	
Berat <i>Head dan Bottom</i>	3.63 kg	
Berat <i>Tube</i>	7931.76 kg	
Berat Aksesoris	308.443 kg	
Berat Material pada Reaktor	13164.434 kg	
Berat Total	44634.995 kg	
Sistem Penyangga		
Hlug	220.94 in	
I-beam	8 in	
Lebar <i>flange</i>	4.171 in	
<i>Web Thickness</i>	0.441 in	
Ketebalan rata-rata	0.425 in	
<i>Area of Section</i>	6.75 in ²	
Berat/ft	23 lb	
Base Plate Planning		
Berat Satu Lug	423.495 lb	
Beban <i>base plate</i>	25024.296 lb	
<i>Base Plate Area</i>	83.414 in ²	
Tebal <i>Base Plate</i>	0.6962 in	
Pondasi		
Berat total yang diterima pondasi	123427.4986 lb	
Luas tanah bagian atas (a)	5041 in ²	
Luas tanah bagian bawah (b)	5041 in ²	
Tinggi Pondasi	30 in	
Volume Pondasi	151078.77 in ³	
Berat Pondasi	12240.178 lb	
Berat total yang diterima oleh tanah	135667.6768 lb	
Tegangan karena Beban (r)	3875.475 lb/ft ²	

Adapun gambar reaktor *pre-reforming* ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Reaktor *Pre-Reforming*

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	Rp959.000.618.254,71

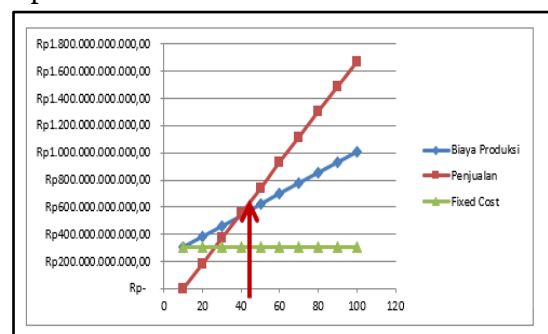
(FCI)	
Working Capital Investment (WCI)	Rp169.235.403.221,42
Total Capital Investment (TCI)	Rp1.128.236.021.476,12

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 tertinggi pada suhu 550°C dan tekanan pada reaktor adalah 29,11 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 *pre-reforming fixed bed multitube* sebaiknya dilakukan dengan aplikasi simulasi seperti *aspen hysys*, *matlab*, dan lainnya untuk memprediksi ukuran reaktor pada berbagai kapasitas produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arthur, T. 2010. “*Control Structure Design For Methanol Process*”. Thesis. Norwegian University of Science and Technology.
- Badan Pusat Statistik. 2018. BPS Indonesia. www.bps.com : Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2019. BPS Indonesia. www.bps.com: Jakarta.
- Brownell, L.E., and E.H. Young. 1959. *Process Equipment Design: Vessel Design*. John Willey and Son Inc. New York.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F. 2005. *Chemical Engineering Design*. New York: Pergamon Press Inc.
- Kern, D.Q., 1983, *Process Heat Transfer, 21st ed., International Student Edition*, McGraw – Hill Book Co., Inc., Singapore.
- Lee, S. 1990. “*Methanol Syntesis Technology*”. CRC Press.
- Peter, MS., Timmerhause, KD., and West, RE. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York: McGraw Hill Book Co.
- Reklaitis, G.V. 1983. *Introduction to Material and Energy Balance*. New York: McGrawHill Book Company.
- Sinnott, R. K., 2005, “*Chemical Engineering Design*”, Ed. 4th, Vol. 6, Elsevier, Oxford.
- Smith, J. M. 1981. *Chemical Engineering Kinetics 2nd Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Wallas, S.M., J. R. Couper, W. R. Penney, et al. 1988. *Chemical Process Equipment Selection and Design 3rd Edition*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Wynn, Nicholas et al. 2014. “*Process for Production of Methanol Including Two Membranes Separation Steps*”. United States Patent. 8,633,926 B2.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety*. New York: McGraw-Hill.