

PRARANCANGAN PABRIK ETILEN DARI CRACKING NAFTA MENGGUNAKAN PROSES MAXENE DENGAN DISAIN ALAT UTAMA REAKTOR *THERMAL CRACKING*

Abdul Hafiz Hidayat¹⁾, Komalasari²⁾

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 : abdulhafiz6043@student.unri.ac.id.

ABSTRAK

Ethylene is one of the most important petrochemical substances and it's uses as raw material for various products. The last products made with ethylene include food packaging, toys, food containers, bottles, pipes, antifreeze, carpets, insulation, household appliances, etc. Chemicals made from ethylene to produce end products such as polyethylene, ethylene dichloride, ethylene oxide, ethylbenzene, and vinyl acetate. The ethylene production process is carried out by feeding naphtha into the thermal cracking reactor and a production capacity of 155,000 tons / year is obtained. In the thermal cracking reactor design to break the hydrocarbon chain of naphtha, the feed temperature is 650 °C with a feed flow rate of 70,620.95 kg/hour dimensions of the thermal cracking reactor is 20 ft long, 40 ft wide and 100 ft high including chimney 100 ft. Heat (Q) required is 88,314,298.72 Btu / hour. The amount of Fixed Capital Investment (FCI) is \$ 45,879,155.2. The Cost of Working Capital Investment (WCI) is \$ 8,096,321,505 and the Total Capital Investment (TCI) cost is \$ 53,975,476.7. The Cumulative Cash Ratio (CCR) values for nondiscounted and discounted 10% are 2.2 and 1.21, respectively. The amount of rate of return on investment (ROROI) is 22.7%, Pay Out Time (POT) for non-discounted profitability and discounted 10% profitability are 3.46 years and 6.84 years respectively, the value of the Discounted cash flow rate of return (DCFROR) is 13.55% and every 2% increase in sales and investment (FCI) there is a change in NPV of \$ 129,886,499.71. Therefore based on the analysis that has been done it can be concluded that the factory is feasible to build.

Keywords: *ethylene, naphtha, thermal cracking, total capital investment*

1. PENDAHULUAN

Etena (etilen) adalah senyawa kimia yang memiliki rumus C_2H_4 yang memiliki sifat-sifat : olefin paling ringan, tidak berwarna, tidak berbau, dan mudah terbakar (Kirk, 1995). Etilen adalah salah satu zat petrokimia yang paling penting dan merupakan bahan baku untuk berbagai produk. Produk akhir yang dibuat dengan etilen termasuk kemasan makanan, mainan, wadah makanan, botol, pipa, antibeku, karpet, isolasi, peralatan rumah tangga, dll. Bahan kimia yang dibuat dari

etilena untuk menghasilkan produk akhir seperti polietilen, etilen diklorida, etilen oksida, etilbenzena, dan vinil asetat (Emerson, 2010).

Etilen sangat dibutuhkan sebagai bahan baku dalam industri. Kebutuhan etilen meningkat seiring dengan peningkatan kapasitas kilang penghasil produk petrokimia, karena kebutuhan etilen semakin meningkat sedangkan produksi dalam negeri tetap. Di Indonesia pada tahun 2018 kebutuhan etilen mencapai 1.4 juta ton dengan kapasitas

produksi dalam negeri sebesar 860 ribu ton dan impor sebesar 606 ribu ton untuk menutupi defisit kebutuhan etilen (Kemendag, 2019).

Menurut KEMENPERIN (2018) pada tahun 2022 jika produksi ethylene PT. Candra Asri dengan PT. Lotte digabungkan, maka indonesia masih kekurangan ethylene 200 ribu ton/tahun. Dalam hal ini diperkirakan target kemandirian etilen pada 2021-2022 sulit tercapai. Berdasarkan persoalan ini maka mendirikan pabrik etilen di Indonesia memiliki peluang yang cukup besar.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Nafta

Nafta merupakan salah satu produk pengilangan minyak yaitu fraksi ringan dari crude oil yang berupa hidrokarbon C₅-C₁₂. Nafta didapatkan dari produksi nafta domestik maupun import. Sebagian besar nafta merupakan import karena nafta domestik dari Pertamina lebih diprioritaskan untuk kebutuhan bahan bakar minyak dan gas domestik. Selain itu nafta domestik memiliki kandungan isoparafin yang lebih rendah daripada nafta import, sementara nafta dari luar negeri bisa didapatkan dari Timur Tengah, India, dan Jepang. Sumber nafta domestic didapatkan dari Pertamina Cilacap, Balikpapan, dan Bontang. Berdasarkan densitasnya, nafta dibedakan sebagai *light naphtha* (sg.<0,7) dan *heavy naphtha* (sg.>0,7). Umpan nafta harus memenuhi spesifikasi tertentu yaitu memiliki kandungan isoparafin minimum sebesar 60%. Semakin tinggi kandungan isoparafin maka nafta semakin baik. Hal ini karena isoparafin merupakan rantai karbon jenuh sehingga memudahkan proses cracking umpan untuk menghasilkan rantai karbon

tidak jenuh sebanyak-banyaknya. Apabila kandungan isoparafin dalam nafta kurang dari 60% maka sebelum diumpankan kedalam craking heater/ pyrolysis heater nafta tersebut harus diblending dengan nafta lain yang memiliki kandungan isoparafin tinggi (Kirk & Othmer, 1977).

2.2 Etilen

Etilen merupakan hidrokarbon olefin (berantai ganda) paling ringan dengan berat molekul 16, tak berwarna, mudah terbakar, dan sedikit wangi. Sifat etilen ditentukan ikatan rangkapnya, yang reaksi utamanya adalah reaksi adisi menghasilkan hidrokarbon jenuh dan turunannya atau polimer (Kirk & Othmer, 1977). Sekarang hampir seluruh etilen dibuat dari gas alam, etana, propana, dan parafin lain yang berat serta fraksi minyak mentah, nafta, kerosin, dan gas oil. Sejumlah kecil etilen didapat dari gas keluaran kilang (*catalytic cracking*) (Mc. Ketta, 1984)

3. METODOLOGI

Adapun langkah-langkah dalam perancangan pabrik etilen ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan sumber data pendukung pendirian pabrik dan proses produksi yang akan dilakukan.
2. Perhitungan neraca massa dan energi pada setiap unit.
3. Perhitungan alat penukar panas dan massa.
4. Perhitungan dan disain setiap unit utama dan utilitas yang akan digunakan. Penentuan spesifikasi setiap unit utama dan utilitas yang akan digunakan.
5. Penambahan system pengendalian dan instrumentasi proses yang dibutuhkan dalam pabrik.

6. Analisa dan disain alat utama (reaktor *steam cracking*)
7. Analisa ekonomi yang meliputi :
 - a. Analisa pasar, prospek industri dan pemasaran produk.
 - b. Penentuan kapasitas produksi, kebutuhan akan produk yang akan dihasilkan.
 - c. Manajemen yang meliputi pemelihan lokasi pendirian pabrik dan pertimbangan-pertimbangan pendukung.
 - d. Studi kelayakan pasar, kelayakan teknis, kelayakan manajemen, studi kelayakan budaya, studi kelayakan lingkungan dan studi kelayakan legal.
 - e. Tata letak pabrik, tata letak alat dan *master schedule* pendirian pabrik.
 - f. Struktur organisasi pabrik yang meliputi sistem kerja karyawan, jumlah karyawan, sistem penggajian karyawan dan kesejahteraan karyawan.
 - g. Melakukan perhitungan ekonomi dari penaksiran harga peralatan utama dan utilitas.
 - h. Melakukan perhitungan ekonomi dan kelayakan ekonomi dari pabrik yang mencakup :
 - Perkiraan biaya pembangunan pabrik berdasarkan spesifikasi yang telah dibuat dan biaya manufacturing berdasarkan kebutuhan bahan baku dan utilitas pada neraca massa dan energi.
 - Menilai kelayakan ekonomi pabrik dengan memperkirakan aliran kas tahunan (pro-farma) dan kemudian menghitung parameter kelayakan : *Cumulative Cash Ratio (CCR)*, *rate of return*

on investment (ROROI), *Payout Period (POP)*, *Net Payout Time (NPT)*, *Net Present Value (NPV)*, dan ΔNPV .

- Melakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi kelayakan proyek. Analisis dilakukan terhadap variabel-variabel: penjualan (R), *cost of manufacture (COM_d)*, dan *fixed capical invesment*

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Disain Alat Utama Reaktor *Thermal Cracking (H-101)*

Reaktor *Thermal Cracking* berfungsi sebagai pemecahan termal hidrokarbon seperti nafta, etana, propana dan campurannya adalah metode yang paling umum untuk produksi olefin. Berbagai upaya telah dilakukan pada pemodelan retak termal hidrokarbon yang berbeda Perancangan menara destilasi dilakukan atas beberapa tahapn yakni :

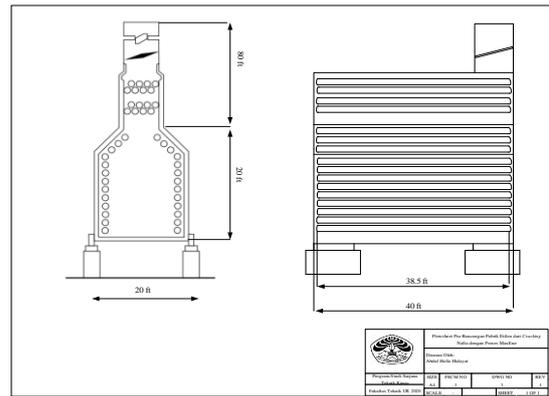
1. Tentukan jarak center to center tabung.
2. Tentukan efisiensi termal yang dikehendaki
3. Tentukan kelebihan udara yang digunakan
4. Tentukan spesifikasi alat.

Adapun hasil perancangan reactor *thermal cracking* didapatkan spesifikasi alat yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1**

Tabel 4.1 Spesifikasi Reaktor *Thermal Cracking*

Reaktor Thermal Cracking	Kode : H-101
	Fungsi : memecah rantai hidrokarbon nafta menjadi etilen dan produk samping lainnya
Konfigurasi Reaktor	
Bahan	Stainless Steel SA-213 TP 304
Suhu (°C)	850
Tekanan (bar)	2,5
Umpun (Kg/jam)	70.620,95
Karakteristik umpun (%)	
C ₂ H ₆	0,17
C ₃ H ₈	2,17
C ₅ H ₁₂	41,22
C ₆ H ₁₄	55,33
C ₇ H ₁₆	0,14
C ₂ H ₆ S	0,97
Volume Reaktor (m ³)	1,04356
I. D. (m)	0,202
O.D (m)	0,219
Panjang Reaktor (m)	3,818
Konfigurasi Furnace	
Jenis Fired Heater	Firebox
Tipe Burner	Api ke atas
Tipe firebox	Cabin Coil
Beban Furnace (Btu/jam)	88.314.298,72
Efisiensi (%)	75
Lower Heating Value (kcal/kg)	18.753,843
Q _{fuel} (Btu/jam)	117.755.398,3
Q _{air} (Btu/jam)	8.972.244,933
Q _{wall} (Btu/jam)	11.775.239,398
Q _g (Btu/jam)	55.112.150,12
Q _{total} (Btu/jam)	59.844.253,27
Excess air	25%
Radiant chamber Tube	Single row
Dimensi Radiant	1:2:1
Radian Fluk (Btu/ft ² jam)	12.000
Jarak Center to Center (in)	16
Jumlah Tube furnace	98
Panjang balok rata-rata (ft)	16,79
Panjang furnace (ft)	20
Lebar furnace (ft)	40
Tinggi furnace (ft)	20
Acp Wall (ft ²)	3773
αAcp(ft ²)	3579,884
Partial Pressure (Atm ft)	3,897
Emisi gas	1,673
QRadiant (Btu/jam)	48,801,227,29
Qkonveksi (Btu/jam)	64,064,731,87
Friction Loss Stack	0,06
Gross width Konveksi (ft ²)	4,916
Luas konveksi Ac (ft ²)	10,653,57)
Jumlah Tube konveksi	120
Jumlah Row konveksi	15
Tinggi Stack (ft)	80

Adapun bentuk dari reaktor *thermal cracking* dapat dilihat dari **Gambar 4.1**

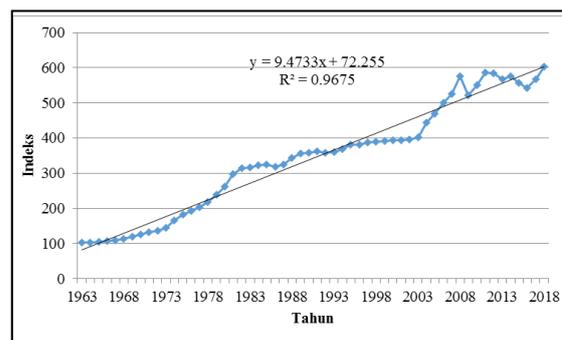


Gambar 4.1 Detail Reaktor *Thermal Cracking*

4.2 Analisa Kelayakan Ekonomi

4.2.1 Penaksiran Biaya Peralatan

Indeks harga merupakan suatu nilai *index* yang diberikan pada suatu waktu yang dapat menunjukkan harga atau nilai pada waktu tertentu. Harga peralatan pada tahun pendirian pabrik ditentukan dengan menggunakan indeks harga CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Index*). Untuk mengetahui indeks harga pada tahun 2020, digunakan metode regresi *linear*, pada regresi ini diplotkan data nilai cost indeks dari tahun 1963-2018 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Grafik Metode Regresi Linear

Dari grafik diperoleh persamaan linear sebagai berikut:

$$y = 9.4733x + 72.255 \dots\dots\dots(4.1)$$

Dengan memasukkan nilai x, maka diperoleh indeks pada tahun selanjutnya yang dapat dilihat pada **Tabel 4.3**,

Sehingga didapatkan total harga peralatan \$ 26,085,751.81

Tabel 4.2 Cost Index Hasil Regresi Linear

No	Tahun	Index	Polinomial
1	2019	Regresi	612.2331
1	2020	Regresi	621.7064
2	2021	Regresi	631.1797
3	2022	Regresi	640.6530
4	2023	Regresi	650.1263
5	2024	Regresi	659.5996
6	2025	Regresi	669.0729

4.2.2 Total Capital Investment (TCI)

Total capital investment terdiri dari biaya pendirian pabrik (*Fixed Capital Investment*) dan biaya pengoperasian pabrik pada jangka waktu tertentu (*Working Capital Investment*). Untuk memperkirakan modal investasi tetap digunakan persentase dari *typical percentages of fixed-capital investment values for direct and indirect cost segments for multipurpose or large additions to existing facilities* (Peters dkk, 2003) dan diperoleh besarnya FCI \$45.879.155,2. WCI adalah jumlah biaya yang harus dikeluarkan setelah pabrik berdiri dan mulai beroperasi, seperti listrik, gaji karyawan, dana sosial dan sebagainya. Pada industri kimia perhitungan WCI yaitu 10-20 % dari *total capital investment*. Besarnya WCI pada pabrik ini adalah 15% dari *Total Capital Investment (TCI)* sebesar \$8,096,321.505 Sehingga didapatkan besarnya TCI \$53.975.476.7.

4.2.3 Analisa Profitabilitas

Dalam analisa ekonomi pabrik, lahan diasumsikan telah dibeli pada tahun ke nol. Pembangunan pabrik dapat memakan waktu dari 6 bulan hingga 3 tahun lamanya. Tergantung kapasitas produksi dan ukuran alat proses yang akan dibangun. Pada dua tahun pertama terjadi

investasi besar besaran. Investasi ini diperuntukkan bagi biaya pembuatan alat proses dan instalasi alat proses serta segala biaya yang diperlukan pada tahap pabrik dibangun. Pada akhir tahun kedua dibutuhkan investasi untuk memulai operasi pabrik yang disebut *working capital*. Biaya ini meliputi gaji pegawai. Pada awal tahun ke tiga pabrik mulai dioperasikan dan telah memiliki pendapatan dari penjualan produk utama maupun produk samping (*revenue*). *Salvage* adalah nilai dari peralatan pabrik pada akhir tahun ke sepuluh pabrik berjalan. Biasanya nilai ini sangat jauh lebih kecil dari harga peralatan tahun pertama, atau bahkan nol. Pada akhir pabrik beroperasi yakni di tahun ke sepuluh pabrik berjalan, nilai *salvage*, *working capital* dan lahan yang telah diinvestasikan dapat dikembalikan.

Ada 3 dasar dalam menganalisa profitabilitas yakni:

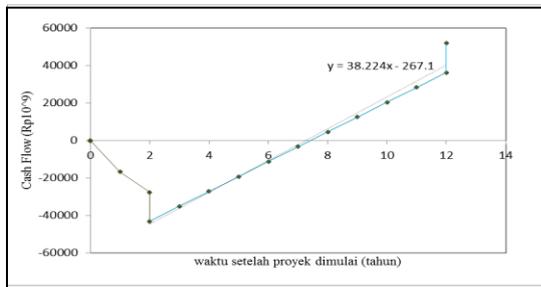
1. Waktu
2. Cash
3. Bunga (*Interest rate*)

Dalam menganalisa profitabilitas menggunakan ketiga dasar tersebut ada yang menggunakan teknik *discounted* dan ada pula yang *nondiscounted*. Berikut hasil perhitungan *discounted cumulative cash flow diagram* menggunakan *discount rate* yang berbeda

Berikut adalah analisa profitabilitas:

a. *Nondiscounted Profitability*

Kriteria waktu. Kriteria yang digunakan disini adalah *Cumulative Cash Position (CCP)*, dimana merupakan keuntungan saat pabrik berakhir. Akan tetapi sulit untuk membandingkan proyek dengan *fix capital investment* yang berbeda, dan kadang lebih baik menggunakan *Cumulative Cash Ratio (CCR)*.



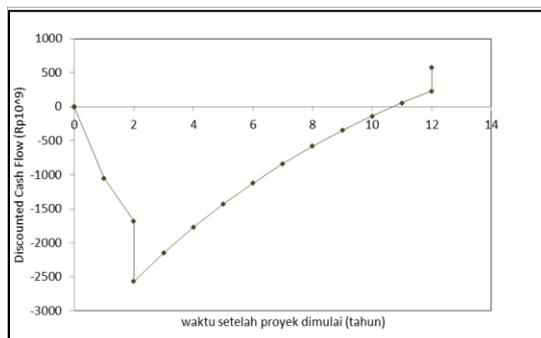
Gambar 4.3 *cumulative Cash flow Diagram untuk Nondiscounted*

Jika nilai CCR yang didapat lebih dari 1, maka pabrik dapat dikatakan menguntungkan. Pada pabrik etilen ini didapatkan CCR sebesar 2.2 dengan pay back period 3.46 tahun dan *rate of return on investment* (ROROI) sebesar 22.7 %

b. *Discounted Profitability*

Perbedaan paling mendasar antara kriteria nondiscounted dengan discounted adalah pada kriteria waktu. Discounted Payback Period (DPBP) didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan setelah start up untuk mengembalikan fixed capital investment, FCI yang dibutuhkan untuk proyek. Nilai DPBP yang lebih kecil lebih menguntungkan.

Discounted cumulative cash position (DCCP), atau yang lebih dikenal dengan net present value (NPV) atau net present worth (NPW). Untuk membandingkan proyek dengan jumlah investasi yang berbeda, lebih baik untuk menggunakan present value ratio (PVR).



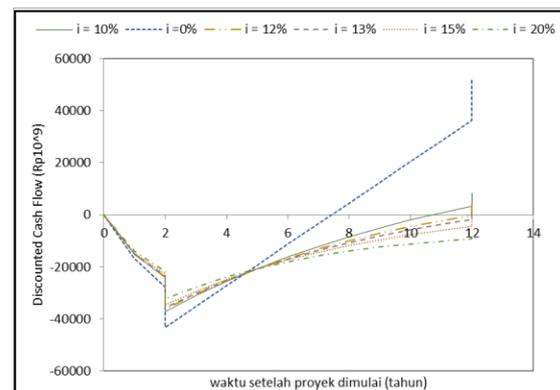
Gambar 4.4 *cumulative Cash flow Diagram untuk Nondiscounted*

present value ratio (PVR) jika *discount rate* 10% sebesar 1.21 dengan *pay back period* 6.84 tahun dan *net present value* \$552,821,000.0 . Nilai *net present value* (NPV) untuk *discount rate* lainnya dapat dilihat pada **tabel 4.3**

Tabel 4.3 Nilai NPV pada Beberapa *Discount Rate*

Discount Rate	NPV
0%	51832.66
10%	8255.357
12%	3777.363
13%	1852.47
15%	-1470.44
20%	-7418.78

Discounted cash flow rate of return (DCFRROR) didefinisikan sebagai interest rate dimana seluruh cash flow mengalami discounted hingga NPV sama dengan nol. Oleh karena itu DCFRROR merupakan interest atau discount rate setelah pajak yang tertinggi pada saat proyek baru saja dapat mengalami *break even*.

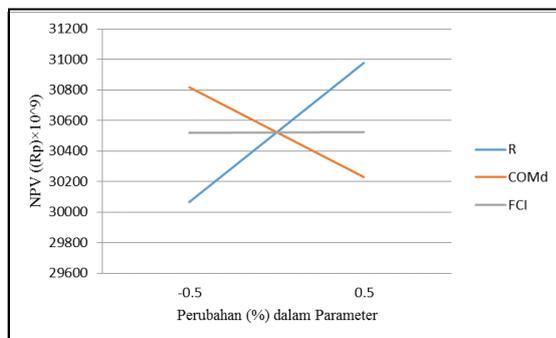


Gambar 4.5 *Discounted Cumulative Cash Flow Diagram Menggunakan Discount Rate yang Berbeda*

Pada **gambar 4.5** digunakan untuk menggambarkan DCFRROR, besar nilai DCFRROR adalah 13.55 %

4.2.4 Analisa Sensitivitas

Analisa sensitivitas dipergunakan untuk memperkirakan resiko apabila penjualan (*revenue*) menurun beberapa persen atau pun mengalami kenaikan beberapa persen. Yang akan diukur adalah nilai NPV. Selain *revenue*, variabel lain adalah *cost of manufacture* (COM_d) dan *fixed capital investment* (FCI). Ketiga variabel ini diperkirakan akan mengalami kenaikan atau penurunan. **Gambar 4.4** menunjukkan hasil pemplotan sensitivitas dengan variabel penjualan (R), *cost of manufacture* (COM_d) dan *fixed capital investment* (FCI)



Gambar 4.6 Hasil Pemplotan Sensitivitas

Dari **Gambar 4.4** didapatkan koefisien sensitivitas :

$$S_R = 3.300801$$

$$S_{COM_d} = -3.80862$$

$$S_{FCI} = 0.184854$$

Sehingga didapatkan Δ NPV pada setiap perubahan variabel sebesar \$129,886,499.71

5.1 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan :

1. Unit furnace reaktor thermal cracking memecah rantai karbon nafta menjadi produk etilen dan produk sampingnya dengan dimensi

furnace 20 ft x 40 ft x 20 ft dan tinggi cerobong 80 ft.

2. *Present Value Ratio* (PVR) atau *break even situation* adalah senilai 1.29, dimana nilai ini lebih dari satu, yang mengindikasikan bahwa pabrik menguntungkan.
3. Perubahan NPV pada setiap perubahan variabel sebesar \$129,886,499.71 menjadi pertimbangan yang menjanjikan bagi investor

5.2 Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai proses Maxene dimana pada pabrik ini berfokus kepada proses *cracking* nafta dengan *steam cracking*

DAFTAR PUSTAKA

- Brownell, L. E., and Young, E. H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley & Sons, Inc : USA.
- Geankoplis, C. J., 1993, *Transport Processes and Unit Operation*, 3rd ed, Prentice-Hall International : New Jersey.
- Kern, D. Q. 1983. *Process Heat Transfer*. New York, McGraw-Hill.
- Peter, M.S., Timmerhouse, K.D, And West, R.E. 2003. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering*. New York : Mc Graw Hill Book Co.
- Seider, W. D., et. al, 2016, *Product and Process Design Principle*, 4th ed, John Wiley & Son : USA.
- Towler, G., & Sinnott, R. K., 2013, *Chemical Engineering Design : Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*, 3rd ed, Butterworth-Heinemann : Oxford

- Turton, R., et. Al., 2018, Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes, 5th ed, Prentice Hall : New Jersey.
- Walas, S. M., 1990, Chemical Process Equipment Selection and Design, 2nd ed, Butterworth-Hcinemann Inc : USA