

**PRA RENCANA  
PABRIK PEMBUATAN PARAXYLENE  
KAPASITAS 275.000 TON/TAHUN**



**SKRIPSI**

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

**OLEH :**

**RIDHO FAKHRI YODANI      03031181320056  
RIYALDI ISMAIL              03031181320066**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2017**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN  
PARAXYLENE KAPASITAS  
275.000 TON/TAHUN**

**SKRIPSI**

**Duplikasi Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana**

**Oleh:**

**Ridho Fakhri Yodani**

**03031181320056**

**Riyaldi Ismail**

**03031181320066**

**Palembang, 22 Januari 2018**

**Pembimbing,**



**Ir. Tamzil Aziz, MPL**

**NIP. 195411231984031001**

**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 Paraxylene Kapasitas 275.000 Ton / Tahun” telah dipertahankan **Ridho Fakhri Yodani dan Riyaldi Ismail** di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 13 Januari 2018.

Palembang, Januari 2018

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Jr. H. Abdullah Saleh, MS. M.Eng  
NIP. 195304261984031001



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



3. Elda Melwita, ST, MT, Ph.D  
NIP. 197505112000122001



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas berkat, rahmat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Paraxylene Kapasitas 275.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama pengerjaan tugas akhir ini, terutama kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan baik secara materil maupun moril
2. Bapak Ir.Tamzil Aziz, MPL, selaku dosen pembimbing tugas akhir.
3. Seluruh Staff Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah berkontribusi hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Inderalaya, Desember 2017

Penulis

## RINGKASAN

### PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN PARAXYLENE KAPASITAS PRODUKSI 275.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Desember 2017

Ridho Fakhri Yodani dan Riyaldi Ismail; Dibimbing oleh Ir. Tamzil Aziz, MPL

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xvi + 316 halaman, 5 tabel, 6 gambar, 4 lampiran

### ABSTRAK

Pabrik pembuatan Paraxylene berkapasitas 275.000 ton/tahun ini direncanakan didirikan pada tahun 2022 berlokasi di daerah Bontang, Kalimantan Timur dengan luas area 2,8 Ha. Proses pembuatan Paraxylene ini mengacu pada US Patent No. 2017/0152197 A1. Reaksi berlangsung pada reaktor *Fixed Bed Multitube*, menggunakan katalis zeolite HZSM-5 pada temperatur 480°C dan tekanan 7 atm. Untuk membangun dan mengoperasikan pabrik ini akan didirikan perusahaan berbentuk perseroan terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama. Sistem organisasi perusahaan yang dipilih adalah *line and staff* dengan total karyawan 268 orang. Pabrik pembuatan Paraxylene ini layak didirikan karena telah memenuhi persyaratan parameter ekonomi sebagai berikut


- *Total Capital Investment (TCI)* : US\$ 101.059.019,1215
- *Total Production Cost (TPC)* : US\$ 1.024.117.990,5731
- *Total Penjualan per Tahun (SP)* : US\$ 1.149.305.099,3932
- *Annual Cash Flow* : US\$ 94.123.619,4928
- *Pay Out Time* : 2 tahun
- *Rate of Return* : 79,26%
- *Break Even Point* : 33,94%
- *Service Life* : 11 tahun

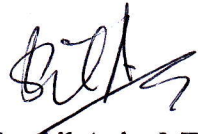
**Kata Kunci** : Paraxylene, Analisa Ekonomi, Pabrik, Spesifikasi Peralatan  
Kepustakaan : 40 (1965-2016)

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Kimia**

**Pembimbing,**

  
Dr. Ir. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003

  
Ir. Tamzil Aziz, MPL  
NIP. 195411231984032001

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>INTISARI</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Pendahuluan .....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan .....	2
1.3. Macam-macam Proses Pembuatan.....	3
1.4. Sifat-sifat Fisika dan Kimia .....	5
<b>BAB II PERENCANAAN PABRIK</b> .....	9
2.1. Alasan Pendirian Pabrik .....	9
2.2. Pemilihan kapasitas .....	10
2.3. Pemilihan Bahan Baku .....	12
2.4. Pemilihan Proses .....	13
2.5. Uraian Proses .....	13
<b>BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK</b> .....	16
3.1. Lokasi Pabrik .....	16
3.2. Letak Pabrik .....	19
3.3. Perkiraan Luas Tanah .....	20

<b>BAB IV</b>	<b>NERACA MASSA DAN NERACA PANAS .....</b>	<b>23</b>
	4.1. Neraca Massa .....	23
	4.2. Neraca Panas .....	28
<b>BAB V</b>	<b>UTILITAS .....</b>	<b>32</b>
	5.1. Unit Pengadaan Steam .....	32
	5.2. Unit Pengadaan Refrigerant .....	32
	5.2. Unit Pengadaan Air .....	33
	5.3. Unit Pengadaan Listrik .....	36
	5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	38
<b>BAB VI</b>	<b>SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>41</b>
<b>BAB VII</b>	<b>ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>62</b>
	7.1. Bentuk perusahaan .....	62
	7.2. Struktur Organisasi .....	64
	7.3. Tugas dan Wewenang .....	65
	7.4. Sistem kerja .....	69
	7.5. Penentuan Jumlah Buruh .....	72
<b>BAB VIII</b>	<b>ANALISA EKONOMI .....</b>	<b>78</b>
	8.1. Keuntungan (Profitability) .....	78
	8.2. Lama Waktu Pengembalian Pinjaman .....	80
	8.3. Total Modal Akhir .....	82
	8.4. Laju Pengembalian Modal .....	85
	8.5. <i>Break Even Point</i> .....	87
<b>BAB IX</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>90</b>

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	91
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	92
<b>LAMPIRAN</b> .....	99



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Data Impor Paraxylene Tahun 2012-2016.....	10
Tabel 2.2. Metode Least Square.....	10
Tabel 7.1. Pembagian Waktu Kerja.....	67
Tabel 7.2. Pembagian Tugas dan Jumlah Karyawan.....	71
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal.....	79

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Flowsheet Proses Pembuatan Propilen Oksida.....	14
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pabrik.....	20
Gambar 3.2. Tata Letak Pabrik.....	21
Gambar 3.3. Tata Letak Peralatan.....	22
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	74
Gambar 8.1. Grafik Break Event Point.....	86

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1. Perhitungan Neraca Massa
- Lampiran 2. Perhitungan Neraca Panas
- Lampiran 3. Perhitungan Spesifikasi Peralatan
- Lampiran 4. Perhitungan Ekonomi

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Pendahuluan**

Pertumbuhan perekonomian di suatu negara memicu tingginya permintaan pasar untuk bahan kimia tertentu baik itu bahan jadi maupun setengah jadi. Peningkatan dari perekonomian ini harus di tunjang dengan pengembangan industry kimia di Indonesia yang diarahkan untuk meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri terhadap produk kimia tertentu, juga sekaligus untuk memecahkan masalah ketenagakerjaan.

Paraxylene adalah satu dari produk industri petrokimia hulu (dasar) dalam rangkaian industri petrokimia yang memproses bahan baku berupa naphta dan/atau kondensat menjadi olefin, aromatik, dan paraffin. Selama diproduksi, para-xylene (PX) selalu hadir dengan tiga isomer lainnya yaitu metha-xylene (MX), ortho-xylene (OX), dan ethylbenzene (EB). karena kesamaan sifat fisik dan kimia yang dimiliki oleh masing-masing isomer yang lain membuat para-xylene sulit didapatkan dengan kemurnian tinggi menggunakan metode konvensional.

Saat ini, di Indonesia hanya terdapat dua produsen paraxylene yakni PT. Trans Pacific Petrochemical Indotama (TPPI) dengan kapasitas terpasang 370.000 ton per tahun dan PT. Pertamina RU IV (Cilacap) berkapasitas 220.000 ton per tahun. Sementara itu berdasarkan data dari Departemen Perindustrian kebutuhan PX (para-xylene) terus meningkat sebesar 7-10% tiap tahun. sepanjang 9 tahun terakhir, Indonesia terus mengimpor 266.436 ton hingga 376.579 ton paraxylene dari Negara tetangga untuk mencukupi kebutuhan domestik yang rata-rata berkisar 500.000 sampai 600.000 per tahun. Dengan potensi sumber daya alam, adanya pabrik-pabrik lain yang menunjang bahan baku dan permintaan pasar untuk produk para-xylene di Indonesia yang cukup besar, merupakan peluang yang menjanjikan untuk diproduksi lebih lanjut agar dapat menutupi kekurangan dan memperkecil kegiatan impor paraxylene di Indonesia yang saat ini masih ditunjang oleh pihak asing.

## 1.2. Sejarah dan Perkembangan

Di Indonesia produksi Paraxylene diawali dengan berdirinya Kilang Paraxylene oleh PT. Pertamina RU IV berlokasi di Cilacap yang dibangun tahun 1988 dan beroperasi setelah diresmikan oleh Presiden RI tanggal 20 Desember 1990. Kilang ini menghasilkan produk NBM dan Petrokimia. Pertimbangan pembangunan Kilang ini didasarkan atas pertimbangan tersedianya bahan baku Naptha yang cukup dari Kilang Minyak II Cilacap, adanya sarana pendukung berupa dermaga tangki dan utilitas dan disamping terbukanya peluang pasar baik didalam maupun luar negeri.

P-Xylene pertama kali ditemukan oleh Michael Mojzesz Szwarc pada tahun 1947. Michael Mojzesz Szwarc menemukan p-xylene ketika sedang meneliti sebuah kelas ikatan hidrogen-hidrogen alifatik (senyawa berantai terbuka) yang memiliki karbon langsung menempel pada cincin benzene, dia menemukan P-xylene ketika memanaskan senyawa dari toluena, xilena, dan gas pada suhu tinggi.

Pemanasan ini dalam kasus para-xilena, atau p-xilena meninggalkan deposit berwarna cokelat di dinding peralatan gelas. Para ilmuwan ingin mengeksplorasi materi ini lebih jauh namun hanya sejumlah kecil yang dibuat pada tahun 1949. Pada tahun 1951, U.C.L.A. Laboratorium Donald Cram menciptakan cara lebih mudah untuk mensintesis para-xylene. Pada awal perkembangannya,

paraxylene diproduksi dari pembuatan senyawa hidrokarbon aromatic, termasuk juga para-xylene ini adalah berasal dari batubara (coal tar). Setelah Perang Dunia II berakhir, kebutuhan para-xylene ini semakin meningkat dan bahan baku batubara tidak mencukupi lagi. Maka pada tahun 1949 di Amerika Serikat mulai dikembangkan proses dengan reaksi hidroforming fraksi-fraksi naphtha.

Teknologi cara memproduksi para-xylene mengalami evolusi besar-besaran dalam kurun waktu 30 tahun belakangan ini. Beberapa teknologi dan peralatan yang modern telah digunakan dalam industri pembuatan para-xylene. Dengan sendirinya, kemajuan ini memberikan keuntungan ekonomi sama seperti kemudahan proses bagi produsen karena teknologi yang baru lebih efektif dan efisien. P-xilena sekarang dibuat melalui proses kristalisasi dan adsorpsi. Secara sistematis ditulis:

### 1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan

Secara industri terdapat tiga proses umum yang digunakan untuk memproduksi P-xylene. Pertama P-xylene diproduksi dengan cara *catalytic reforming* naphtha. Proses ini juga menghasilkan P-xilene dan dua Isomer lain seperti M-xylene dan O-xylene serta aromatik lain seperti benzena dan toluene. Metode lain yang bias digunakan adalah konversi toluena, seperti *toluene disproportionation* dan *toluene methylation* dengan *methanol*.

#### 1.3.1. *Catalytic reforming naphtha*

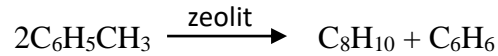
Sumber utama P-xylene dan aromatik lainnya berupa benzene toluene dan xylene isomer adalah *Catalytic reforming naphtha* dan sampai batas tertentu oleh produk perengkahan uap nafta. Tetapi metode ini menghasilkan campuran P-xilena dengan isomer lain yang tidak di inginkan seperti m-xilena dan o-xilena, bersama dengan etilbenzena (EB). Kekurangan dari metode ini adalah untuk menghasilkan kemurnian p-xilena yang tinggi diperlukan pemurnian untuk memisahkan p-xilena dari tiga isomer lain yang memiliki titik didih yang sangat dekat.

Untuk meningkatkan produksi isomer yang tidak diinginkan o-xilena dan m-xilena diubah menjadi P-xilene dengan isomerisasi akibatnya biaya produksi meningkat. *Catalytic reforming naphtha* terdiri dari bagian *reforming* dan *pyrolysis*. Aromatik BTX (benzene, toluene, dan xylene) yang dihasilkan dipisahkan dari raffinate non-aromatik melalui ekstraksi. BTX selanjutnya dipisahkan untuk mendapatkan benzene, toluene, dan C8 *xylene* streams pada bagian *recovery* produk. P-xylene biasanya didapatkan dengan cara kristalisasi atau adsorpsi.

#### 1.3.2. Toluene disproportionation

Dalam toluena *disproporsionasi* dua molekul toluena bereaksi terhadap katalis zeolit asam untuk membentuk satu molekul xilena dan satu benzena. Teknologi ini mencakup tiga area pengolahan utama yaitu bagian reaktor, distilasi produk dan pemulihan p-xilena. Selektivitas p-Xylene mencapai 90% pada campuran xilena dapat dicapai dan dapat dipisahkan dengan menggunakan kristalisasi atau adsorpsi.

Reaksi toluene disproportionasi berlangsung sebagai berikut:



Proses ini merupakan perkembangan dari proses sebelumnya (proses pemisahan campuran aromatic C8) dan mulai dipatenkan tahun 1992. Pada proses ini, pengoperasiannya ditekankan pada pemisahan dan pemurnian gugus para-xylene dari meta-xylene, dan orto-xylene. Bahan baku utama proses ini adalah toluene yang mengalami proses disproportionasi sehingga terbentuk gugus xylene dan aromatic C9. Selama proses tersebut terjadi beberapa tahapan reaksi inisiasi, propagasi, dan pembentukan gugus xylene.

### 1.3.3. Toluene Methylation

*Catalytic methylation* adalah reaksi metilasi toluena yang merupakan alternatif potensial untuk memproduksi p-xilena jika biaya metanol tetap rendah. Dengan mereaksikan toluena dan metanol menggunakan katalis zeolite p-xylene dapat di produksi dengan kemurnian hingga 99 %. Katalis yang digunakan adalah ZSM-5, air dan xilena terbentuk dengan komposisi kesetimbangan termodinamika berikut dari isomer xilena; 23,55% p-xilena, 52,42% m-xilena, dan 2 o-xilena pada 440 °C dan tekanan 7 atm dengan waktu kontak yang sangat singkat, yaitu kurang dari 1 detik sehingga gugus metil methanol akan tersubstitusi ke dalam molekul toluene (reaksi Metilasi).

Ke dalam reaktor juga ditambahkan air dan nitrogen untuk mengontrol waktu kontak katalis dan mencegah terbentuknya coke pada katalis. Selain itu air juga ditambahkan untuk mencegah terjadinya reaksi dehidrasi methanol. Proses metilasi toluene dengan waktu kontak yang singkat ini dipatenkan pada tahun 2008 oleh *Breen et al.*

## 1.4. Sifat-sifat Fisik dan Kimia

### 1.4.1. Bahan Baku

#### 1.4.1.1. Toluene

Rumus molekul	:	$C_7H_8$
Berat molekul	:	92,13
<i>Specific Gravity</i>	:	0,866
Wujud	:	Liquid
Warna	:	Tak berwarna
Titik didih	:	110,8°C
Titik leleh	:	-95°C
Temperatur kritis	:	318,55°C
Tekanan Kritis	:	34,65 atm

Specific heat capacity :

a)  $C_p$  Gas (J/mol.K) , (T = K)

$$C_p (g) = -24.097 + 5.22E-01T + -2.98E-04T^2 + 6.12E-08T^3 + 1.13E-12T^4$$

b)  $C_p$  Liquid (J/mol.K) , (T = K)

$$C_p (l) = 83.703 + 0.5167T + -1.4910E-03T^2 + 1.9725E-06T^3$$

Liquid Thermal Conductivity <sup>1</sup> (W/mK)

a)  $K$  Gas (W/m.K) (T = K)

$$K_{gas} = -0.00776 + 4.49E-05T + 6.45E-08T^2$$

b)  $K$  liquid (W/m.K) (T = K)

$$\text{Log}_{10} K_{liq} = -1.6735 + 0.9773(1-T/591.79)^{2/7}$$

Densitas

$$\text{Densitas} = 0.29999 \times 0.27108^{-(1-T/TC)^n}$$

Dengan konstanta

$$TC = 591.79$$

$$n = 0.29889$$



### 1.4.1.2. Methanol

Rumus molekul	: CH <sub>3</sub> OH
Berat molekul	: 32 kg/kmol
Densitas	: 0,7918 g/cm <sup>3</sup>
Wujud	: Liquid
Warna	: Tak bewarna
Titik didih	: 64,6 °C
Titik leleh	: -97,9 °C
Temperatur kritis	: 239,45 °C
Tekanan kritis	: 79,94 atm

Specific heat capacity :

a) Cp Gas (J/mol.K) , (T = K)

$$C_p (g) = 40.046 + -3.83E-02T + 2.45E-04T^2 + -2.17E-07T^3 + 5.99E-11T^4$$

b) Cp Liquid (J/mol.K) , (T = K)

$$C_p (l) = 40.152 + 3.10E-01T + -1.03E-03T^2 + 1.46E-06T^3$$

Liquid Thermal Conductivity <sup>i</sup> (W/mK)

a) K Gas (W/m.K) (T = K)

$$K_{gas} = 0.00234 + 5.43E-06T + 1.32E-07T^2$$

b) K liquid (W/m.K) (T = K)

$$\text{Log}_{10} K_{liq} = -1.1793 + 0.6191 (1-T/512.58)^{2/7}$$

Densitas

$$\text{Densitas} = 0.27197 \times 0.27192^{-(1-T/TC)^n}$$

Dengan konstanta

$$TC = 512.58$$

$$n = 0.2331$$

## 1.4.2. Produk

### 1.4.2.1. Para-Xylene

Rumus Kimia :  $C_6H_4(CH_3)_2$

Berat Molekul : 106,167

Specific Gravity : 0,8657

Wujud : Liquid

Warna : Tak berwarna

Titik Didih : 138,36°C

Titik Leleh : 13,3°C

Temperatur Kritis : 643,05°C

Tekanan Kritis : 35,11 bar

Specific heat capacity :

a)  $C_p$  Gas (J/mol.K) , (T = K)

$$C_p (g) = -17.36 + 5.65E-01T + -2.63E-04T^2 + 1.12E-08T^3 + 1.65E-11T^4$$

b)  $C_p$  Liquid (J/mol.K) , (T = K)

$$C_p (l) = -11.035 + 1.52E+00T + -3.90E-03T^2 + 3.92E-06T^3$$

Liquid Thermal Conductivity <sup>1</sup> (W/mK)

a) K Gas (W/m.K) (T = K)

$$K_{gas} = -0.0087 + 4.74E-05T + 5.88E-08T^2$$

b) K liquid (W/m.K) (T = K)

$$\text{Log.10 } K_{liq} = -1.7354 + 1.0254 (1-T/616.26)^{2/7}$$

Densitas

$$\text{Densitas} = 0.27984 \times 0.26003^{-(1-T/TC)^n}$$

Dengan konstanta

$$TC = 616.26$$

$$n = 0.279$$

**1.4.2.2. M-Xylene**

Rumus Kimia	:	$C_6H_4(CH_3)_2$
Berat Molekul	:	106,167
Wujud	:	Liquid
Warna	:	Tak berwarna
Titik Didih	:	139,12°C
Titik Leleh	:	-47,85°C
Temperatur Kritis	:	318,64°C
Tekanan Kritis	:	35,41 bar
Densitas	:	0,86 g/mL
Viscositas	:	0,6200 Cp pada 20°C
Solubility	:	0,174 g/L pada 25°C 0,531 g/L pada 100°C

**1.4.2.3. O-Xylene**

Rumus Kimia	:	$C_6H_4(CH_3)_2$
Berat Molekul	:	106,167
Wujud	:	Cair
Warna	:	tak berwarna
Titik Didih	:	144,43°C
Titik Leleh	:	-25,169 °C
Temperatur Kritis	:	357,15°C
Tekanan Kritis	:	37,32 bar
Density	:	0,88 g/mL
Viscosity	:	0,8102 Cp pada 20°C
Solubility	:	0,220 g/L pada 25°C 0,531 g/L pada 100°C

## DAFTAR PUSTAKA

- Evans, F. L. 1974. *Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plant*. Gulf Publishing Company: Houston
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*. Unsri: Palembang
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- McCabe, W. L., 1995. *Unit Operations of Chemical Engineering*. Mc Graw-Hill Book Co: New York.
- Mullin, J. W. 2001. *Crystallization, Fourth Edition*. Butterworth-Heinemann: Oxford
- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7<sup>th</sup> Edition*. McGraw-Hill Book Co: New York.
- Peters, M.S. dan K.D. Timmerhaus. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Fourth Edition*. Mc Graw-Hill Book Co: New York.
- Sinnot, R. K. 2005. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering, Volume 6, Fourth Edition: Chemical Engineering Design*. Elsevier Butterworth-Heinemann: Oxford
- Smith, J.M. dan H. C. Van Ness. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, Sixth Edition*. Mc Graw-Hill Book Co: New York.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Butterworth-Heinemann: New York.
- Xu, L, Liu, Z, dan Zhang, X. 2017. *Method For Preparing P-Xylene and Co-Producing Propylene with High Selectivity* . US Patent Publication No. 20170152197 A1
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill Book Co: New York.