

**PRARANCANGAN PABRIK STIRENA DARI ETILBENZEN KAPASITAS**

**50.000 TON/TAHUN**

**(Perancangan Reaktor (RE- 201))**

**(Skripsi)**

Oleh :

**NUR KHASANA**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG**

**BANDAR LAMPUNG**

**2017**

## ABSTRACT

### MANUFACTURING OF STIRENE FROM ETHYLBENZENE CAPACITY 50.000 TONS/YEAR (Design of Reactor-201(RE-201))

By

**NUR KHASANAH**

Stirene is one of the product industry chemicals are used as the raw materials for *polystyrene, Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) dan Styrene Butadiena Latex (SBL), Styrene Butadiena Rubber (SBR), dan Unsaturated Polyester Resin (UPR)*. Stirene can be produced by some of the process is Process of dehydrogenation etilbenzene and Procces oxidation etilbenzene. Provision of utility plant needs a treatment system and water supply, cooling water, ,dan Generator electrical power system.

Capacity of the plant is planned to production acrylonitrile is 50.000 tons/year with 330 working days in a year. The location of plant is planned in Cilegon, Banten. Labor needed in this plant as many as 135 people with a business entityform Limited Liability Company (PT) with line and staff organizational structure.

From teh economic analysis is obtained :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) =Rp710.737.275.221
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) =Rp125.424.225.039
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp836.161.500.260
<i>Break Even Point</i>	(BEP) =41,41%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 27,26%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub> = 2,5years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub> =2,7years
<i>ReturnonInvestmentbefore taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub> = 51,77%
<i>ReturnonInvestment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub> = 41,42%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 53,2%

By considering above the summary, it is proper establishment of stirene plant for studied further, because the plant is profitable andhas good prospects future.

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK STIRENA DARI ETILBENZEN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor-201 (RE-201))

Oleh

NUR KHASANAH

Stirena merupakan salah satu produk industri kimia yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan *polystyrene*, *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)* dan *Styrene Butadiena Latex (SBL)*, *Styrene Butadiena Rubber (SBR)*, dan *Unsaturated Polyester Resin (UPR)*. Stirena dapat diproduksi dengan beberapa proses yaitu proses Dehidrogenasi etilbenzen dan proses Oksidasi etilbenzen. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem penyediaan *steam*, *cooling water*, dan sistem pembangkit tenaga listrik.

Kapasitas produksi pabrik stirena direncanakan 50.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di daerah Cilegon, Banten. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 135 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp710.737.275.221
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp125.424.225.039
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp836.161.500.260
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 41,41%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 27,26%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub> = 2,5 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub> = 2,7 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub> = 51,77%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub> = 41,42%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF) = 53,2%

Berdasarkan beberapa paparan di atas, maka pendirian pabrik Stirena ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif cukup baik.

**PRARANCANGAN PABRIK STIRENA DARI ETILBENZEN KAPASITAS  
50.000 TON/TAHUN  
(Perancangan Reaktor (RE- 201))**

**Oleh :  
NUR KHASANAH  
1015041010**

**( Skripsi )**

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
Sarjana Teknik  
Pada  
Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

**Judul Skripsi** : **PRARANCANGAN PABRIK STIRENA DARI  
ETILBENZEN KAPASITAS 50.000  
TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-  
201))**

**Nama Mahasiswa** : **Nur Khasanah**

**No. Pokok Mahasiswa** : **1015041010**

**Jurusan** : **Teknik Kimia**

**Fakultas** : **Teknik**



**Simparkin Br.Ginting, S.T., M.T.**  
NIP.196611111994022001

**Donny Lesmana, S.T., M.Sc.**  
NIP.198410082008121003

**2. Ketua Jurusan**

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Azhar'.

**Ir. Azhar, M.T.**  
NIP. 19660411995011001



**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua

: **Simparlin Br.Ginting,S.T.,M.T.** .....

Sekretaris

: **Donny Lesmana,S.T.,M.Sc.** .....

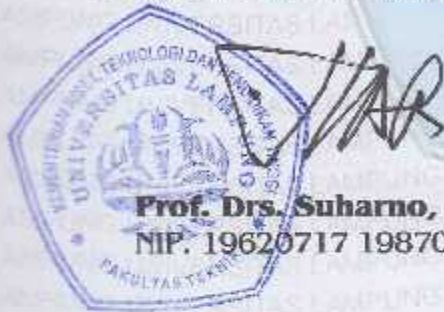
Penguji

Bukan Pembimbing

: **Dr. Joni Agustian,S.T.,M.Sc.** .....

**Dr. Herti Utami,S.T.,M.T.**

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



**Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **07 Desember 2017**


## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 15 Desember 2017



  
Nur Khasanah  
NPM. 1015041010

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 3 Nopember 1992, sebagai putri sulung dari 3 bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD N 2 Harapan Jaya pada tahun 2004, MTs N 2 Bandar Lampung pada tahun 2007, dan MAN 1(Model) Bandar Lampung pada tahun 2010.

Pada bulan Juli tahun 2010, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur PKAB Undangan. Penulis juga merupakan mahasiswa penerima beasiswa BBM dan PPA tahun 2011-2013.

Pada bulan Januari tahun 2014, penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Semen Baturaja dengan Tugas Khusus yaitu “Reformulasi Komposisi Bahan Baku Pembuatan Semen di PT Semen Baturaja (Persero)”.

Pada tahun tahun 2015, penulis juga melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Aktivasi Fisika Terhadap Zeolit Alam Lampung Sebagai Adsorben Gas CO<sub>2</sub> dari Biogas”.

Selama menjalani masa perkuliahan, penulis juga pernah menjadi Bendahara Bimbingan Baca Qur'an (BBQ) Fakultas Teknik (2011) dan Anggota Departemen



Dana dan Usaha Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia/HIMATEMIA Fakultas  
Teknik Universitas Lampung (periode 2012/2013).

## PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT,

Aku persembahkan hasil karyaku ini untuk kedua orang tuaku, Abi dan Umi  
yang tidak hentinya untuk terus mendukung di setiap langkahku,  
melimpahkan kasih sayang serta pengorbanan kepadaku selama ini, serta adik  
– adikku atas kasih sayang dan doanya.

Terima Kasih Abi dan Umi karena setiap sujud dan tetapan air mata dalam  
do'a kalian hanya untuk mendo'akan keberhasilan, kesuksesan, dan  
kebahagiaan anak-anakmu....

## MOTTO

مُؤْمِنِينَ كُنْتُمْ إِنْ الْأَعْلُونَ وَأَنْتُمْ تَحْزَنُوا وَلَا تَهْنُوا وَلَا

*Janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah pula kamu bersedih hati, padahal kamu orang yang paling tinggi derajatnya, jika kamu orang-orang yang beriman. (Q.S. Ali-Imran: 139)*

Barang siapa mempermudah kesulitan orang lain, maka Allah akan mempermudah urusannya di dunia dan akhirat.

(HR. Muslim)

*Sebaik-baiknya kesuksesan ialah berusaha dan bekerja keras.*


*Dan, sebaik-baiknya kekuatan ialah berdoa*

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”*

*(QS. Al- Insyiroh: 5)*

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah  karena atas pertolongan dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir dengan judul “PRARANCANGAN PABRIK STIRENA DARI ETILBENZEN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))” ini disusun guna memenuhi syarat untuk meraih gelar sarjana teknik pada jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan FT Universitas Lampung
2. Bapak Ir. Azhar, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FT Universitas
3. Ibu Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T. dan Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I dan II, atas pengertian dan bimbingannya selama penulisan Tugas Akhir ini, semoga Allah memberkahi bapak dan ibu.
4. Bapak Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc. dan Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan II Tugas Akhir, yang telah memberikan saran dan kritik juga atas semua nasihat sertailmu yang telah penulis dapatkan selama masakuliah, Semoga Allah memberkahi ibu dan bapak.
5. Bapak Muhammad Hanif, S.T.M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik atas semua nasihat dan motivasi serta ilmu yang telah penulis dapatkan, semoga Allah memberkahi ibu dan keluarga.
6. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas semua ilmu dan bekal masadepan yang akan selalu bermanfaat;
7. Abi, Umi dan Adik-adik yang tak pernah berhenti mendoakan dan menyayangiku, atas doa kasih sayang dan dukungan yang kalian berikan, tidak lupa kepada seluruh keluarga besar yang tidak bisa disebutkan satu persatu disini, terimakasih untuk dukungannya;

8. Prancana Muhammad Riyadi, S.T. atas segala bantuan, dukungan semangat, motivasi dan doa, akhirnya lulus juga;
9. Rekan-rekan Teknik Kimia Unila angkatan 2010 terkhusus my partner tercinta Mita atas kerjasamanya, geng karpet kuning (Ridho, Putri, Yoan, Yunike, Tiwi, Reta, Riana, Tri Yuni, Ade) terimakasih atas persaudaraan, canda dan tawa yang menghiasi persahabatan kita selama ini serta kakak dan adik tingkat atas persahabatan yang kalian berikan, sukses untuk kita semua;
10. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, Barakallah fii 'Ilmi.

Akhir kata, karya terbaik penulis ini semoga dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, Desember 2017  
Penulis

**Nur Khasanah**



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>COVER DALAM</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>viii</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>x</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>xi</b>
<b>SANWACANA</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xxiv</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1

1.2. Kegunaan Produk .....	3
1.3. Kapasitas Perancangan.....	4
1.4. Lokasi Pabrik .....	9
<b>II. DESKRIPSI PROSES</b>	
2.1. Jenis Proses .....	12
2.2. Pemilihan Proses .....	15
2.3. Uraian Singkat Proses .....	38
<b>III. SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK</b>	
3.1. Spesifikasi Bahan Baku.....	41
3.2. Spesifikasi Produk.....	42
<b>IV. NERACA MASSA DAN ENERGI</b>	
4.1. Neraca Massa .....	45
4.2. Neraca Panas .....	52
<b>V. SPESIFIKASI PERALATAN</b>	
5.1. Peralatan Proses .....	57
5.2. Peralatan Utilitas .....	75
<b>VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH</b>	
6.1. Unit Penyedia Air.....	100

6.2. Unit Penyedia Steam .....	114
6.3. Unit Penyedia Udara Instrumen .....	115
6.4. Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik ( <i>Power Plant and Power Distribution System</i> ).....	115
6.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	116
6.6. Laboratorium.....	117
6.7. Instrumentasi dan Pengendalian Proses .....	120
6.8. Pengolahan Limbah.....	122
 <b>VII. TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK</b>	
7.1. Lokasi Pabrik .....	124
7.2. Tata Letak Pabrik .....	126
7.3. Prakiraan Area Lingkungan .....	132
7.4. Tata Letak Peralatan Proses .....	132
 <b>VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN</b>	
8.1. Bentuk Perusahaan .....	136
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan.....	139
8.3. Tugas dan Wewenang .....	142
8.4. Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	146
8.5. Penggolongan Karyawan dan Jumlah Karyawan .....	149
8.6. Status Karyawan dan Sistem Penggajian .....	153
8.7. Kesejahteraan Karyawan.....	154

8.8. Manajemen Produksi.....	158
------------------------------	-----

## **IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI**

9.1. Investasi .....	165
9.2. Evaluasi Ekonomi .....	169
9.3. Angsuran Pinjaman .....	172
9.4. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF).....	172

## **X. KESIMPULAN DAN SARAN**

10.1. Simpulan .....	174
10.2. Saran.....	174

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

### **LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA**

### **LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS**

### **LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT**

### **LAMPIRAN D UTILITAS**

### **LAMPIRAN E INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI**

### **LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Data Impor Stirena di Indonesia .....	5
1.2. Pabrik Polistirena .....	6
1.3. Daftar Pabrik Stirena.....	7
1.4. Pabrik Sasaran Stirena .....	8
2.1. Harga Bahan Baku dan Produk Proses Dehidrogenasi Katalitik .....	17
2.2. Harga Bahan Baku dan Produk Proses Oksidasi Etilbenzen .....	24
2.3. Data Energi Pembentukan pada suhu 25°C Proses Dehidrogenasi Katalitik.....	29
2.4. Data Energi Bebas Gibbs pada suhu 25°C Proses Dehidrogenasi Katalitik .....	29
2.5. Data Cp masing-masing komponen pada Proses Dehidrogenasi Katalitik.....	31
2.6. Data Energi Pembentukan pada suhu 25°C Proses Oksidasi Propilen .....	33
2.7. Data Energi Bebas Gibbs pada suhu 25°C Proses Oksidasi Propilen.....	33
2.8. Data Cp Masing-masing komponen pada Proses Oksidasi Propilen .....	38
2.9. Perbandingan Proses Pembuatan Stirena .....	36
4.1. Neraca Massa di <i>Mixing Point</i> (MP- 101) .....	45
4.2. Neraca Massa di <i>Heat Exchanger</i> (HE-101) .....	45
4.3 Neraca Massa di <i>Mixing Point</i> (MP- 102) .....	46
4.4 Neraca Massa di <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	46
4.5. Neraca Massa di <i>Accumulator</i> (ACC-101).....	47
4.6 Neraca Massa di <i>Furnace</i> (FC-101) .....	47



4.7. Neraca Massa di Reaktor (RE-201) .....	48
4.8. Neraca Massa di Condensor (CD-201) .....	48
4.9. Neraca Massa di <i>Drum Separator</i> (DS-301) .....	49
4.10. Neraca Massa di <i>Decanter</i> (DE-301).....	49
4.11. Neraca Massa di Menara Distilasi I (MD-301).....	50
4.12. Neraca Massa di Menara Distilasi II (MD-302) .....	50
4.13. Tabel Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-301) .....	51
4.14. Neraca Panas pada <i>Mix Point</i> (MP-101).....	52
4.15. Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (HE-101) .....	52
4.16. Neraca Energi pada <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	52
4.17. Tabel Neraca Energi pada <i>Accumulator</i> (ACC-101).....	53
4.18. Neraca Energi <i>Furnace</i> (FC-101) .....	53
4.19. Neraca Panas Pada Reaktor (RE-201).....	53
4.20. Tabel Neraca Energi <i>Expander Valve</i> (EX-201) .....	54
4.21. Neraca Energi <i>Condensor</i> (CD-301) .....	54
4.22. Neraca Energi <i>Drum Separator</i> (DS-301).....	54
4.23. Neraca Panas <i>Decanter</i> (DC-301) .....	55
4.24. Neraca Energi Menara Distilasi I (MD-301).....	55
4.25. Neraca Energi Menara Distilasi II (MD-302).....	55
4.26. Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-301).....	56
5.1. Spesifikasi Tangki Etilbenzen (ST-101).....	57
5.2. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-101).....	58
5.3. Spesifikasi <i>Vaporizer</i> (VP-102).....	58
5.4. Spesifikasi Akumulator.....	59
5.5. Spesifikasi <i>Furnace</i> (FC-101).....	60

5.6. Spesifikasi Alat Reaktor (RE-201) .....	61
5.7. Spesifikasi Alat <i>Expansion Valve</i> (XE-201).....	61
5.8. Spesifikasi Condensor (CD-201) .....	62
5.9. Spesifikasi <i>Drum Separator</i> (DS-301).....	63
5.10. Spesifikasi <i>Decanter</i> (DE-301).....	63
5.11. Spesifikasi Menara Distilasi I (MD-301).....	64
5.12. Spesifikasi Reboiler (RB-301).....	65
5.13. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301).....	65
5.14. Spesifikasi Akumulator (AC-301) .....	66
5.15. Spesifikasi Menara Distilasi II (MD-302) .....	66
5.16. Spesifikasi Reboiler (RB-302).....	67
5.17. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-302).....	67
5.18. Spesifikasi Akumulator (AC-302) .....	68
5.19. Spesifikasi Cooler (CO-301).....	68
5.20. Spesifikasi Tangki Stirena (ST-301).....	69
5.21. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101) .....	69
5.22. Spesifikasi Pompa Proses (PP-301).....	70
5.23. Spesifikasi Pompa Proses (PP-302).....	70
5.24. Spesifikasi Pompa Proses (PP-303).....	71
5.25. Spesifikasi Pompa Proses (PP-304).....	71
5.26. Spesifikasi Pompa Proses (PP-305).....	72
5.27. Spesifikasi Pompa Proses (PP-306).....	72
5.28. Spesifikasi Pompa Proses (PP-307).....	73
5.29. Spesifikasi Pompa Proses (PP-308).....	73
5.30. Spesifikasi <i>Centrifugal Fan</i> (CF-101) .....	74

5.31. Spesifikasi <i>Centrifugal Fan</i> (CF-201) .....	74
5.32. Spesifikasi Bak sedimentasi (SB – 401) .....	75
5.33. Spesifikasi Tangki Alum (ST–401) .....	75
5.34. Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST–402).....	76
5.35. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST– 403).....	76
5.36. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL–401) .....	77
5.37. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF–401).....	78
5.38. Spesifikasi Tangki Air Filter (S –404).....	78
5.39. Spesifikasi Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ST–405).....	79
5.40. Spesifikasi Tangki Dispersant (ST–406) .....	79
5.41. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST–407) .....	80
5.42. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT–401) .....	80
5.43. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	81
5.44. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	82
5.45. Spesifikasi Tangki Air Demin (ST–408) .....	82
5.46. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST–410) .....	83
5.47. Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA–401).....	83
5.48. Spesifikasi Tangki Kondensat (ST-409).....	84
5.49. Spesifikasi <i>Furnace</i> (FC-401).....	85
5.50. Spesifikasi <i>Steam Blower</i> (BS–401) .....	85
5.51. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD –501) .....	85
5.52. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-501).....	86
5.53. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY-501) .....	86
5.54. Spesifikasi Blower Udara 2 (BL – 502).....	87
5.55. Spesifikasi Blower Udara 3 (BL – 503).....	87

5.56. Spesifikasi Blower Udara 4 (BL –504).....	87
5.57. Spesifikasi Generator Listrik (GS-601) .....	88
5.58. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 401) .....	88
5.59. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 402) .....	89
5.60. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 403) .....	89
5.61. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 404) .....	90
5.62. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 405) .....	90
5.63. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 406) .....	91
5.64. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 407) .....	91
5.65.. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 408) .....	92
5.66. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 409) .....	92
5.67. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 410) .....	93
5.68. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 411) .....	93
5.69. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 412) .....	94
5.70. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 413) .....	94
5.71. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 414) .....	95
5.72. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 415) .....	95
5.73. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 416) .....	96
5.74. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 417) .....	96
5.75. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 418) .....	97
5.76. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 419) .....	97
5.77. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 420) .....	98
5.78. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 421) .....	98
5.79. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU – 422) .....	99
6.1. Kebutuhan Air Minum.....	101

6.2. Kebutuhan Air Untuk Pembangkit <i>Steam (Boiler Feed Water)</i> .....	103
6.3. Kebutuhan Air Untuk <i>Cooling Water</i> .....	103
6.4. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian .....	121
6.5. Pengendalian Variabel Utama Proses .....	122
7.1. Perincian Luas Area Pabrik Stirena .....	132
8.1. Jadwal Pembagian Jam Kerja Karyawan Shift .....	148
8.2. Jumlah Karyawan.....	149
8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses .....	151
8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas .....	151
8.5. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan .....	152
9.1. <i>Fixed Capital Investment</i> .....	166
9.2. <i>Manufacturing Cost</i> .....	167
9.3. <i>General Expenses</i> .....	168
9.4. Biaya Administratif.....	168
9.4. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi .....	173



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Data Ekspor Stirena .....	5
1.2. Data Impor Stirena .....	6
1.3. Data Konsumsi Stirena .....	9
1.4. Data Impor Stirena di Negara Tujuan Ekspor.....	11
1.5. Data Ekspor Stirena di Negara Tujuan Ekspor .....	12
2.1. Blok Diagram Pembuatan Stirena dengan Proses Dehidrogenasi Katalitik .....	48
7.1. Tata Letak Pabrik.....	130
7.2. Tata Letak Alat Proses .....	134
7.3. Peta Cilegon .....	135
8.1. Struktur Organisasi Perusahaan .....	141
9.1. Grafik Analisis Ekonomi .....	171
9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> metode DCF .....	172

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan industri sebagai bagian dari usaha ekonomi jangka panjang diarahkan untuk menciptakan struktur ekonomi yang lebih baik dan seimbang yaitu struktur ekonomi dengan dititikberatkan pada industri maju yang didukung oleh ekonomi yang tangguh. Indonesia saat ini tengah memasuki era globalisasi dalam segala bidang yang menuntut tangguhnya sektor industri dan bidang-bidang lain yang saling menunjang. Hal ini tentunya memacu kita untuk lebih meningkatkan dalam melakukan terobosan-terobosan baru sehingga produk yang dihasilkan mempunyai daya saing, efisien dan efektif, disamping itu haruslah tetap akrab dan ramah terhadap lingkungan.

Menanggapi situasi tersebut dan dalam upaya untuk mengurangi ketergantungan import produk petrokimia, pemerintah menetapkan peraturan yang mendorong perkembangan industri tersebut. Sejalan dengan itu industri petrokimia di Indonesia seperti industri stirena monomer, juga turut berkembang. Hal ini terutama disebabkan oleh stirena telah memberikan kontribusi besar dalam kehidupan manusia karena senyawa ini merupakan bahan baku produk-produk plastik yang banyak digunakan manusia. Stirena banyak digunakan terutama dalam industri plastik, sebagai zat antara untuk pembuatan senyawa kimia lainnya

seperti *polystyrene*, *acrylonitrile butadiene styrene*, *styrene butadiene latex*, dan lainnya.

Stirena monomer adalah anggota dari kelompok aromatik monomer tak jenuh yang mempunyai rumus molekul  $C_6H_5C_2H_3$  dan mempunyai nama lain *cinnomena*, *phenyl ethylene*, dan *vinyl benzene*. Teknologi pembuatan stirena monomer pada mulanya kurang diminati sebab produk polimer yang dihasilkan rapuh dan mudah patah, kemudian baru pada tahun 1937 pabrik *Badische Aniline Soda Fabrics* (BASF) memperkenalkan terobosan baru dalam bidang teknologi pembuatan stirena monomer dengan proses dehidrogenasi dari bahan baku *ethylbenzene*. Keduanya memproduksi stirena monomer dengan kemurnian yang tinggi yang dapat menjadi polimer yang stabil dan tidak berwarna (Maggie Junialie,2011).

Dari tahun ke tahun kebutuhan stirena di Indonesia makin meningkat, hal ini terlihat dengan meningkatnya impor stirena di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan tersebut akan meningkat pada tahun-tahun mendatang dengan makin berkembangnya industri pengolahan stirena. Hal ini menjadi salah satu alasan perlunya didirikan pabrik stirena di Indonesia.

Adapun faktor – faktor lain yang menjadi landasan pendirian pabrik pembuatan stirena ini sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik stirena dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan luar negeri.

2. Dengan adanya pabrik ini diharapkan dapat mendorong perkembangan industri Indonesia yang menggunakan stirena sebagai bahan baku maupun bahan penunjang.
3. Dari segi sosial dan ekonomi dengan adanya pabrik ini dapat menyerap tenaga kerja dan secara tidak langsung meningkatkan perekonomian masyarakat.
4. Dalam sasaran jangka panjang, dengan bertambahnya permintaan stirena di pasaran dunia, diharapkan Indonesia menjadi salah satu produsen yang memproduksi stirena sekaligus dapat menambah devisa negara.

## **1.2. Kegunaan Produk**

Kegunaan utamanya adalah sebagai zat antara untuk pembuatan senyawa kimia lainnya dan untuk memperkuat industri hilir seperti :

### *1. Polystyrene (PS)*

Sebanyak 65% produksi stirena digunakan sebagai bahan sterofom dan kemasan makanan, alat-alat rumah tangga, meubel, alat-alat elektronik, peralatan medis, dan peralatan laboratorium.

### *2. Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*

Sekitar 9% stirena yang diproduksi digunakan dalam industri pipa, komponen otomotif, dan *refrigerator*, selain itu juga sebagai bahan rangka komputer, baterai.

### *3. Styrene Butadiene Latex (SBL)*

Sebanyak 7% produk stirena digunakan untuk pembuatan pelapis kertas dan pelapis karet, komponen pada cat latex.

#### 4. *Impact Polystyrene Rubber (IPR)*

Digunakan dalam industri auto mobil.

#### 5. *Styrene Butadiene Rubber (SBR)*

Sekitar 6% stirena yang dihasilkan digunakan dalam industri sol sepatu, ban, radiator, heater, dan sebagainya.

#### 6. *Unsaturated Polyester Resin (UPR)*

Sebanyak 7% stirena digunakan dalam industri seperti tangki penyimpanan, panel-panel gedung, dan produk kelautan/pelayaran (Ullmann, 2005).

### **1.3. Kapasitas Perancangan**

Kapasitas produksi pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Semakin besar kapasitas produksi maka kemungkinan keuntungan juga akan semakin besar. Kapasitas produksi yang direncanakan sebesar 50.000 ton / tahun dengan beberapa pertimbangan antara lain :

#### **a. Kebutuhan Dalam Negeri**

##### **1. Ketersediaan Bahan Baku**

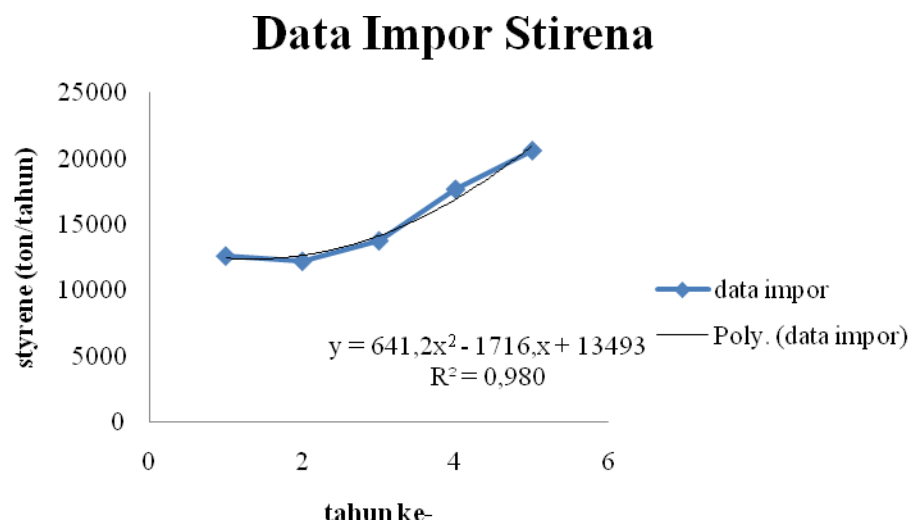
Bahan baku pabrik stirena yang digunakan yaitu etilbenzen dalam bentuk cair diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical, Tbk. Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi sebesar 330.000 ton/tahun.

## 2. Data Impor Stirena di Indonesia

Tabel 1.1. Data Impor Stirena

Tahun	Data impor (ton/tahun)
2011	7.655,047
2012	7.354,532
2013	9.798,305
2014	12.677,800
2015	15.598,43

Sumber : Badan Pusat Statistik 2011-2015



Gambar 1.1. Data Impor Stirena

Bila dilakukan pendekatan dengan menggunakan persamaan regresi linier yang memiliki nilai R 0,984 pada Gambar 1.2, maka diperkirakan jumlah impor stirena Indonesia pada tahun 2020 adalah sebesar:

$$y = 641,2x^2 - 1716x + 13.493$$

$$y = \mathbf{60.453 \text{ ton/tahun}}$$

### 3. Jumlah Konsumsi Stirena di Indonesia

Berikut daftar perusahaan yang menggunakan stirena di Indonesia:

Tabel 1.2. Pabrik Polistirena

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Konsumsi Stirena (Ton/Tahun)
1	PT. Styron Indonesia*	Merak, Banten	66.500
2	PT. Arbe Styrimdo*	Serang, Banten	14.250
3	PT. Polichem Indo**	Merak, Banten	28.500
<b>Total</b>			<b>109.250</b>

Sumber: \*<http://www.daftarperusahaanindonesia.com>

\*\*<http://cci-indonesia.com>

Dari tabel diatas diketahui total konsumsi stirena yaitu **109.250 ton/tahun**.

Menurut Departemen Perindustrian dan Perdagangan, kebutuhan stirena meningkat tiap tahunnya sejalan dengan terus meningkatnya produksi pembuatan plastik yang menjadikan stirena sebagai bahan bakunya.

### 4. Kapasitas Rancangan untuk Memenuhi Kebutuhan Dalam Negeri

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan kebutuhan konsumsi produk dalam negeri dan data impor sebagaimana dapat dilihat dari berbagai sumber, misalnya dari Biro Pusat Statistik, dari biro ini dapat diketahui kebutuhan akan suatu produk untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dari data industri yang telah ada. Berdasarkan data- data ini, kemudian ditentukan besarnya kapasitas produksi. Adapun persamaan kebutuhan stirena adalah sebagai berikut:

$$PK = DK - DI$$

Dimana;

PK = Peluang Kapasitas Pada Tahun 2020

DK = Data Konsumsi Pada Tahun 2020

DI = Data Impor Pada Tahun 2020

Dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan kebutuhan setiap tahun sebesar:

$$PK = DK - DI$$

$$PK = 109.250 - 60.453$$

$$PK = 48.797 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan pertimbangan diatas dan berbagai persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2020, maka kapasitas pabrik Stirena yang akan didirikan di Indonesia dihitung berdasarkan jumlah kebutuhan Indonesia adalah 80% dari peluang kapasitas yaitu sebesar **40.000 ton/tahun**.

### c. Kapasitas Komersial

Untuk menentukan kapasitas pabrik yang akan didirikan harus memperhatikan kapasitas pabrik sejenis dalam skala komersial yang sudah beroperasi.

Tabel 1.3. Daftar Pabrik Stirena

No.	Pabrik dan Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	Santide Refining Company, Corpus city, Texas	27.220
2.	El Paso Natural Gas Product Company, Odessa, Texas	39.000
3.	Chosden Oil and Chemical Company, Big Spring, Texas	49.900
4.	Borg Warner Corporation, Baytown, Texas	56.710
5.	Foster Grand Company. Inc, Bason Rouge, LA	90.740
6.	Shell Chemical Company, Torrance, California	95.280



7.	Sinclair Kopper Company, Houston, Texas	122.500
8.	The Dow Chemical Company	700.000
9.	PT. Styrimdo Mono Indonesia	230.000
10.	Mosanto Company, Torrance, California	340.290
11.	Jilin Chemical, China	140.000
12.	Guangzhou Petrochemical, China	80.000
13.	Lanzhou Petrochemical, China	30.000
14.	Panjin Chemical, China	60.000
15.	Idemitsu Stirena, Malaysia	220.000
16.	Thai Petrochemical, Thailand	150.000

Sumber: www.theinnovationgrup.com

Berikut pabrik sasaran yang membutuhkan produk stirena di Indonesia adalah :

Tabel 1.4. Pabrik Sasaran Stirena

<b>Nama Pabrik</b>	<b>Kegunaan Produk</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Jumlah Kebutuhan 2015 (ton)</b>
PT. Styron Indonesia	<i>Polystyrene</i>	Merak, Banten	66.500
PT. Arbe Styrimdo	<i>Polystyrene</i>	Serang, Banten	14.250
PT. Polichem Indo	<i>Polystyrene</i>	Merak, Banten	28.500
PT. Maspion Polystyrene	<i>Polystyrene</i>	Sidoarjo, Jawa Timur	7.410
PT. Styron Indonesia	<i>Styrene Butadien Latex</i>	Merak, Banten	16.500
PT. Latexia Indonesia	<i>Styrene Butadien Latex</i>	Merak, Banten	22.110
PT. BASF Indonesia	<i>Styrene Butadien Latex</i>	Cengkareng, Jakarta	9.900
PT. Synthetic Rubber Indonesia	<i>Styrene Butadien Rubber</i>	Merak, Banten	66.000
PT. Arrindo Pasific Chemical	<i>Unsaturated Polyester Resin</i>	Jakarta	2.500

Sumber : Grand View Research, Inc

#### **1.4. Lokasi Pabrik**

Penentuan lokasi pabrik sangat penting pada suatu perancangan karena akan berpengaruh secara langsung terhadap kelangsungan hidup pabrik. Secara singkat dapat dikatakan bahwa orientasi perusahaan dalam menentukan lokasi pabrik yaitu untuk mendapatkan keuntungan teknis dan ekonomis yang seoptimal mungkin. Berdasarkan faktor-faktor di bawah ini maka pabrik yang akan didirikan berlokasi di Kawasan Industri pulo Ampel Banten, dengan pertimbangan sebagai berikut :

##### **1. Penyediaan Bahan Baku**

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku, untuk menghemat biaya transportasi. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan stirena adalah etilbenzen yang diperoleh dari PT. Styrimdo Mono Indonesia Banten

##### **2. Pemasaran Produk**

Produksi stirena diutamakan memnuhi kebutuhan dalam negeri terutama di daerah provinsi Jawa Barat, Banten, dan DKI Jakarta. Hal ini dikarenakan ketiga provinsi di atas tumbuh industri-industri polimer yang memanfaatkan Stirena sebagai bahan bakunya.

##### **3. Sistem Tranportasi**

Lokasi pabrik yang dipilih harus dapat mempermudah transportasi dan pendistribusian barang sampai dengan tujuannya yang dapat memberikan

efek terhadap waktu dan uang. Pemasaran hasil produksi untuk kebutuhan lokal tidak akan mengalami hambatan karena tersedianya sarana transportasi darat (jalan raya dan jalan kereta api), sedangkan untuk transportasi laut biasanya melalui pelabuhan Merak, Banten.

#### 4. Penyediaan Utilitas

Untuk menjalankan proses produksi pabrik diperlukan sarana pendukung seperti pembangkit tenaga listrik dan penyediaan air. Air untuk keperluan pabrik, baik untuk proses maupun untuk keperluan sanitasi dan lainnya perlu diperhatikan. Untuk penggunaannya, air ini harus diolah terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan terutama untuk keperluan proses dan steam. Sumber air diperoleh dari air laut disekitar pabrik.

#### 5. Fasilitas

Lokasi pabrik berada di kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah akan mempermudah mendapatkan fasilitas yang ada misalnya sarana dan prasarana yang menunjang lainnya serta jaringan telekomunikasi yang baik karena daerah kawasan industri merupakan daerah yang dapat padat penduduk.

#### 6. Letak Geografis

Lokasi yang dipilih memiliki kondisi geografis yang cukup baik berupa dataran rendah dan rata. Struktur tanah yang cukup baik sehingga memungkinkan tidak adanya faktor gangguan cuaca maupun bencana alam seperti gempa bumi dan banjir.

#### 7. Tenaga Kerja

Tenaga kerja termasuk hal yang sangat menunjang dalam operasional pabrik, tenaga kerja untuk pabrik ini dapat direkrut dari :

- Masyarakat sekitar pabrik.
- Tenaga ahli yang berasal dari daerah sekitar pabrik dan luar daerah.

Sebagai kawasan industri, daerah ini merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Tenaga kerja ini merupakan tenaga kerja yang produktif dari berbagai tingkatan baik yang terdidik maupun yang belum terdidik.

#### 8. Sosial Masyarakat

Pembangunan pabrik ini tidak akan mengganggu kehidupan masyarakat lingkungan sekitar, karena daerah yang dipilih merupakan daerah kawasan industri.

## X. SIMPULAN DAN SARAN

### 10.1. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Sirena dari Etilbenzen dengan kapasitas 50.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak adalah 41,41 %.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 2,7 tahun
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 38,21% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60 % kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 27,26%, sehingga pabrik masih dapat berproduksi karena mendapat keuntungan.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 53%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

### 10.2 Saran

Pabrik Stirena dari Etilbenzen dengan kapasitas 50.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2015. *Statistic Indonesia*. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Indonesia. Diakses pada 16 Desember 2016.
- Brown.G.George., 1950, *Unit Operation 6<sup>ed</sup>*, Wiley&Sons, USA.
- Brownell.L.E. and Young.E.H., 1959, *Process Equipment Design 3<sup>ed</sup>*, John Wiley & Sons, New York.
- Coulson.J.M. and Ricardson.J.F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.
- Daftar Perusahaan Indonesia.2016. <http://www.daftarperusahaanindonesia.com> diakses tanggal 14 Desember 2016.
- Equipment Cost*. 2017. <http://www.matches.com>, diakses tanggal 13 September 2017
- Fogler.A.H.Scott, 1999, *Elements of Chemical Reaction Engineering*, Prentice Hall International Inc, New Jersey.
- Geankoplis.Christie.J., 1993, *Transport Processes and unit Operation 3th<sup>ed</sup>*, Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Hewwit.G.F., 2000, *Process Heat Transfer*, Begell House Inc, New York.
- Himmeblau.David., 1996, *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Icis Price Info*. 2016. <http://www.icis.com>. diakses pada tanggal 14 Desember 2016.
- Informasi ekspor-import*. 2016. <http://www.data.un.org/styrene>. Diakses tanggal 14 Desember 2016.
- Industri Stirena*. 2016. <http://www.businessenvironment.wordpress.com>. Diakses tanggal 14 Desember 2016.
- Maggie Junialie,2011. *Industri Stirena*. Universitas Sumatera Utara: Medan.

- Kern.D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F., 2006, "Encyclopedia of Chemical Technology", 4<sup>nd</sup> ed., vol. 17., John Wiley and Sons Inc., New York.
- Kurs Rupiah. 2016. [www.bi.go.id/id/monoter/informasi.kurs/transaksi.bi](http://www.bi.go.id/id/monoter/informasi.kurs/transaksi.bi). diakses tanggal 14 Desember 2016.
- Mahdi, Seyed.dkk. 2012. *Modeling and Simulation of Styrene Monomer*. International Jurnal of Scientific & Engineering Research. ISSN 2229-5518
- McCabe.W.L. and Smith.J.C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.
- McKetta.J.J., *Encyclopedia of Chemical Process & Design*, The International Inc, New York.
- Megyesy.E.F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.
- Perry.R.H. and Green.D., 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook 7th<sup>ed</sup>*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Peter.M.S. and Timmerhause.K.D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3<sup>ed</sup>*, McGraww-Hill Book Company, New York.
- Powell, S.T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Price List*. 2016. <http://www.alibaba.com>. Diakses tanggal 14 Desember 2016
- Reference Analysis of Business.2016.<http://cci-indonesia.com>. diakses tanggal 14 Desember 2016.
- Reklaitis, 1984, *Mass & Energy Balance*, John Wiley and Sons, New York.
- Sitthisa, Surapas., 2010, *Kinetics and Mechanism of Hydrogenation of Furfural on Cu/SiO<sub>2</sub> Catalyst*, Elsevier Inc. all reserved., USA
- Smith.J.M. and Van Ness.H.C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3<sup>ed</sup>*, McGraww-Hill Inc, New York.
- Statistik Industri.2017.<http://www.kemenperin.go.id>. diakses tanggal 14 September 2017
- Styrene Production*. 2016. <http://www.theinnovationgrup.com>. Diakses tanggal 14 Desember 2016.

- Treyball.R.E., 1983, *Mass Transfer Operation 3<sup>ed</sup>*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Ulmann, 2005. “*Ulmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry*”. VCH Verlagsgesell Scahft, Wanheim, Germany.
- Ulrich.G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Wahyu, 2010, *Proses Pengolahan Air*, [www.zeofilt.wordpress.com](http://www.zeofilt.wordpress.com), Indonesia
- Wallas. S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.
- Yaws, C.L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw Hill Book Co., New York
- US Patent No. 4.549.032. 1995.*Production of Stirena*. United States Patent Office:USA