

**PRARANCANGAN PABRIK *STYRENE* (C₈H₈) DARI *ETHYLBENZENE* DENGAN
PROSES DEHIDROGENASI**

KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN

Perancangan Reaktor (RE-101)

(Skripsi)

Oleh :

Muhammad Ryan Nurshodiq



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2021

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK *STYRENE* (C₈H₈) DARI *ETHYLBENZENE* DENGAN PROSES DEHIDROGENASI KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN (Tugas Khusus Perancangan Kolom Distilasi (DC-103))

Oleh

MUHAMMAD RYAN NURSHODIQ

Styrene merupakan bahan baku kimia yang digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan beberapa produk diantaranya pembuatan senyawa kimia dan untuk memperkuat industri polimer. Dalam Prarancangan pabrik *Styrene* ini dipilih proses Dehidrogenasi yang lebih menguntungkan dari segi ekonomi dan termodinamika dibandingkan proses lainnya.

Kapasitas Produksi Pabrik sebanyak 110.000 ton/tahun dengan waktu operasi 24 jam/hari dalam 330 hari/tahun. Pabrik *Styrene* berbahan baku *Ethylbenzene* direncanakan didirikan di Kramatwatu, Serang – Banten. Dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi, tenaga kerja dan kondisi lingkungan. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 140 orang dengan bentuk badan usaha adalah Perseroan terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama dibantu oleh Direktur Produksi, Direktur Pemasaran dan keuangan dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis Ekonomi diperoleh :

<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	= Rp 605.111.838.928
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	= Rp 106.784.442.164
<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= Rp 711.896.281.092
<i>Break Event Point</i> (BEP)	= 46,5%
<i>Pay Out Time Before Taxes</i> (POT) _b	= 0,91 tahun
<i>Pay Out Time After Taxes</i> (POT) _a	= 1,14 tahun
<i>Return on Investment</i> (ROI) _a	= 66,1%
<i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	= 35,47%

Dengan mempertimbangkan rangkuman diatas, sudah selayaknya pendirian pabrik *Styrene* ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek baik.

ABSTRACT

DESIGN OF STYRENE FACTORY (C₈H₈) FROM ETHYLBENZENE WITH DEHYDROGENATION PROCESS CAPACITY 110,000 TON/YEAR (Special Task of Distillation Column Design (DC-103))

Oleh

MUHAMMAD RYAN NURSHODIQ

Styrene is a chemical raw material that is used as a basic material in the manufacture of several products including the manufacture of chemical compounds and to strengthen the polymer industry. In this Styrene plant design, the Dehydrogenation process was chosen which was more economically and thermodynamically profitable than other processes.

Factory Production Capacity is 110,000 tons/year with operating time of 24 hours/day in 330 days/year. Styrene factory made from Ethylbenzene is planned to be established in Kramatwatu, Serang – Banten. Taking into account the availability of raw materials, means of transportation, labor and environmental conditions. The workforce needed is 140 people with the form of a limited liability company (PT) led by a President Director assisted by a Production Director, Marketing and Finance Director with a line and staff organizational structure.

From the Economic analysis obtained :

Fixed Capital Investment	(FCI)	= Rp 605.111.838.928
Working Capital Investment	(WCI)	= Rp 106.784.442.164
Total Capital Investment	(TCI)	= Rp 711.896.281.092
Break Event Point	(BEP)	= 46,5%
Pay Out Time Before Taxes	(POT) _b	= 0,91 tahun
Pay Out Time After Taxes	(POT) _a	= 1,14 tahun
Return on Investment	(ROI) _a	= 66,1%
Discounted Cash Flow	(DCF)	= 35,47%

Taking into account the above summary, it is appropriate that the establishment of this Styrene factory is studied further, because it is a profitable factory and has good prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK *STYRENE* (C₈H₈) DARI *ETHYLBENZENE* DENGAN
PROSES DEHIDROGENASI KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN
Perancangan Reaktor (RE-101)**

Oleh

Muhammad Ryan Nurshodiq

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**

2021

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK *STYRENE* DARI
ETHYLBENZENE DENGAN PROSES
DEHIDROGENASI KAPASITAS 110.000
TON/TAHUN (Perancangan *Reactor (RE-101)*)**

Nama Mahasiswa : **Muhammad Ryan Nurshodiq**

NPM : 1615041036

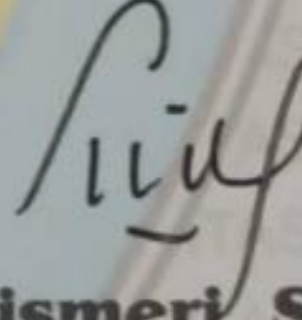
Jurusan : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

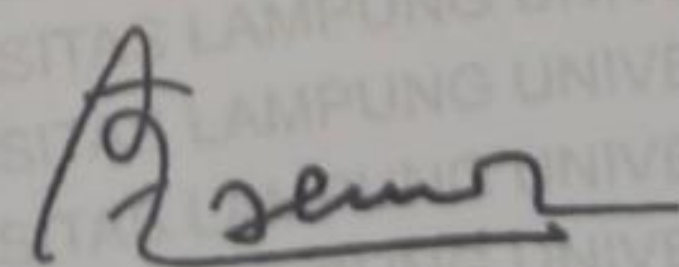
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Panca Nugrahini F., S.T., M.T.
NIP.197302032000032001


Lia Lismeri, S.T.,M.T.
NIP.198503122008122004

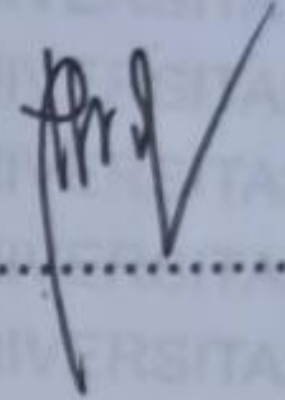
2. Plt. Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.
NIP.197209281999031001

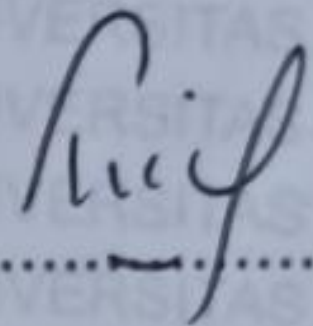
MENGESAHKAN

1. Tim Pengenguji

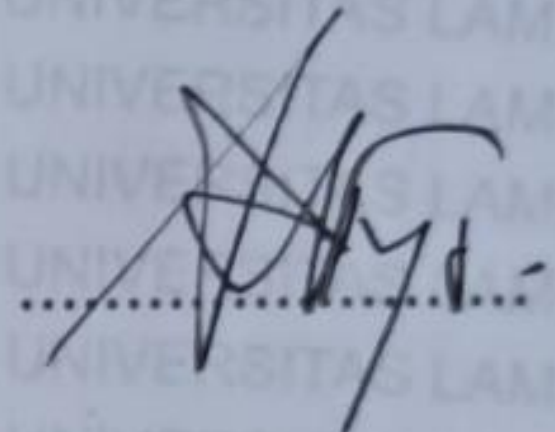
Ketua : Panca Nugrahini F., S.T., M.T.



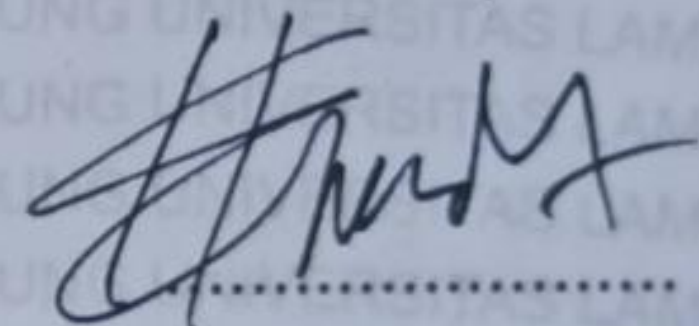
Sekretaris : Lia Lismesri, S.T., M.T.



**Penguji
Bukan Pembimbing I : Ir. Azhar, M.T.**



Bukan Pembimbing II : Dr. Lillis Hermida, S.T., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIP. 196207171987031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Juni 2021

SURAT 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, 06 Agustus 2021



Muhammad Ryan Nurshodiq

NPM. 1615041036

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabupaten Lampung Utara, pada tanggal 16 April 1998, sebagai putra pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Haryanto Supriyadi dan Ibu Misirah Handayani. Penulis telah menyelesaikan pendidikan sebelumnya di Sekolah Dasar (SD) Abadi Perkasa pada tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Abadi Perkasa, Tulang Bawang pada tahun 2013, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) *Sugar Group* pada tahun 2016.

Pada tahun 2016, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Pada Bulan Juli tahun 2019, penulis melakukan Kerja Praktik di PT Polychem Indonesia Tbk dengan Tugas Khusus “Evaluasi Performa Kerja *DEG Column Reboiler* (E-710)”. Selanjutnya, pada tahun 2020 penulis melakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Kitosan Sebagai Antimikroba Pada Cangkang Kapsul Berbasis Karagenan dari Rumput Laut (*Euचेuma Cottonii*)” yang dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung pada Agustus sampai dengan Desember 2020.

Selama kuliah penulis aktif dalam berbagai organisasi kemahasiswaan diantaranya, Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2017 sebagai Staff Edukasi Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung, selanjutnya pada periode 2018 sebagai Wakil Ketua Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung, Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2019 sebagai Kepala Dinas Internal dan Advokasi.

Selama menjadi mahasiswa penulis juga menjadi asisten praktikum Kimia Terapan pada semester ganjil 2019-2020 dan semester ganjil 2020-2021, serta penulis juga mengikuti beberapa pelatihan yang diadakan oleh HIMATEMIA yaitu Pelatihan *Autocad*, dan Pelatihan Aspen.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbi alamin, puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan hidayah, rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Prarancangan Pabrik *Styrene* (C_8H_8) dari *Ethylbenzene* Dengan Proses Dehidrogenasi Kapasitas 110.000 ton/tahun". Shalawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi Wa Sallam, beserta keluarga dan sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam pengerjaan dan penyusunan tugas akhir ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak, Mamak, serta adik yang selalu mendoakan, menyemangati, membimbing, serta mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir serta dalam perkuliahan di Teknik Kimia Universitas Lampung.
2. Panca Nugrahini F., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I tugas akhir yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II tugas akhir dan juga pembimbing akademik yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

4. Ir. Azhar, M.T. selaku dosen penguji I tugas akhir yang telah memberikan kritik dan saran serta arahan yang sangat membangun bagi penulis.
5. Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji II tugas akhir yang telah memberikan kritik dan saran serta arahan yang sangat membangun bagi penulis.
6. Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T. selaku Plt Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.
7. Seluruh dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal yang telah diberikan selama perkuliahan di Teknik Kimia Universitas Lampung.
8. Nada Afifah Gomiyati partner spesial yang selalu membantu dalam memberikan semangat selama masa perkuliahan sampai akhir perkuliahan dan selalu berjuang bersama dalam pengerjaan tugas akhir ini..
9. Teman-teman yang telah memberikan semangat dan motivasi selama pengerjaan tugas akhir ini.
10. Keluarga Besar Teknik Kimia khususnya angkatan 2016 yang telah memberikan semangat dan dukungan.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan mereka dan selalu memberikan kemudahan disetiap jalan kita, Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, 06 Agustus 2021

Penulis,

Muhammad Ryan Nurshodiq

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER LUAR	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
COVER DALAM	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kegunaan Produk	3
1.3 Kapasitas Rancangan	4
1.4 Analisa Pasar	10
1.5 Tempat dan Lokasi Pabrik	10
BAB II DESKRIPSI PROSES	
2.1 Proses Pembuatan <i>Styrene</i>	14
2.2 Pemilihan Proses	16
2.3 Uraian Singkat Proses Pembuatan <i>Styrene</i>	26

BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku 30

3.2 Spesifikasi Produk..... 31

BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI

4.1 Neraca Massa34

4.2 Neraca Energi.....39

BAB V SPESIFIKASI PERALATAN

5.1 Peralatan Proses44

5.2 Peralatan Utilitas..... 67

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1 Kebutuhan Air90

6.2 Unit Peyedia Air97

6.3 Unit Cooling Tower106

6.4 Unit Peyedia Steam109

6.5 Unit Peyedia Udara Instrument109

6.6 Unit Pembangkit tenaga listrik109

6.7 Unit Penyedia Bahan Bakar110

6.8 Unit Pengolahan Limbah110

6.9 Unit Instrumentasi dan Pengendalian Proses111

6.10 Laboratorium113

BAB VII TATA LETAK PABRIK

7.1 Lokasi Pabrik	118
7.2 Tata Letak Pabrik	120
7.3 Perkiraan Area Lingkungan	120

BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN OPERASI PERUSAHAAN

8.1 Project Master Schedule	191
8.2 Bentuk Perusahaan	194
8.3 Struktur dan Organisasi Perusahaan	197
8.4 Tugas dan Wewenang.....	201
8.5 Status Karyawan dan Sistem Penggajian	194
8.6 Pembagian Jam Kerja Karyawan	194
8.7 Jumlah Tenaga Kerja	194
8.8 Kesejahteraan Karyawan	194
8.9 Manajemen produksi	194

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1 Penaksiran Harga Peralatan.....	200
9.2 Dasar Perhitungan	203
9.3 Perhitungan Biaya	204
9.4 Analisis Kelayakan	206
9.5 Hasil Perhitungan	210

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan218

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

LAMPIRAN E

LAMPIRAN F

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Data Impor <i>Styrene</i> di Indonesia	4
Tabel 1.2 Perhitungan dengan metode Least Square	5
Tabel 1.3 Data Impor <i>Styrene</i> di Negara Tujuan Ekspor.....	6
Tabel 1.4 Data Ekspor <i>Styrene</i> di Indonesia	7
Tabel 1.5 Perhitungan Dengan Metode Least Square	7
Tabel 1.6 Data kebutuhan <i>Styrene</i> di Indonesia	8
Tabel 1.7 Perhitungan Dengan Metode Least Square	9
Tabel 2.1 Nilai ΔH_f° dan ΔG_f° Reaktan dan Produk	17
Tabel 2.2 Konstanta <i>Heat Capacities</i> (C_p).....	17
Tabel 2.3 Nilai ΔH_f° dan ΔG_f° Reaktan dan Produk	18
Tabel 2.4 Konstanta <i>Heat Capacities</i> (C_p).....	18
Tabel 2.5 ΔH_R dan ΔG_R	19
Tabel 2.6 Harga Bahan Baku dan Produk.....	20
Tabel 2.7 Perbandingan Proses Pembuatan <i>Styrene</i>	25
Tabel 4.1 Neraca Massa <i>Mix Point</i> (MP-101)	35
Tabel 4.2 Neraca Massa <i>Vaporizer</i> (VP-101)	35
Tabel 4.3 Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-101)	36
Tabel 4.4 Neraca Massa <i>Reactor</i> (RE-101)	36
Tabel 4.5 Neraca Massa <i>Flash Drum</i> (FD-101)	37
Tabel 4.6 Neraca Massa <i>Distillation Column</i> (DC-101)	37

Tabel 4.7 Neraca Massa <i>Distillation Column</i> (DC-102)	38
Tabel 4.8 Neraca Massa <i>Distillation Column</i> (DC-103)	38
Tabel 4.9 Neraca Massa <i>Storage Tank</i> (ST-102)	38
Tabel 4.10 Neraca Massa <i>Storage Tank</i> (ST-103)	39
Tabel 4.11 Neraca Massa <i>Storage Tank</i> (ST-104)	39
Tabel 4.12 Neraca Energi <i>Mix Point</i> (MP-101).....	40
Tabel 4.13 Neraca Energi <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	40
Tabel 4.14 Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-101).....	40
Tabel 4.15 Neraca Energi <i>Reactor</i> (RE-101).....	41
Tabel 4.16 Neraca Energi <i>Condenser</i> (CD-101).....	41
Tabel 4.17 Neraca Energi <i>Flash Drum</i> (FD-101)	41
Tabel 4.18 Neraca Energi <i>Distillation Column</i> (DC-101)	42
Tabel 4.19 Neraca Energi <i>Distillation Column</i> (DC-102)	42
Tabel 4.20 Neraca Energi <i>Distillation Column</i> (DC-103)	42
Tabel 4.21 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-101)	43
Tabel 4.22 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-102).....	43
Tabel 4.23 Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-103)	43
Tabel 5.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan <i>Ethylbenzene</i> (ST-101)	44
Tabel 5.2 Spesifikasi Pompa (PP-101)	45
Tabel 5.4 Spesifikasi <i>Vaporizer</i> (VP-101)	46
Tabel 5.5 Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101)	47
Tabel 5.5 Spesifikasi <i>Compressor</i> (CP-101)	47
Tabel 5.6 Spesifikasi <i>Reactor</i> (RE-101)	48

Tabel 5.7 Spesifikasi <i>Condenser</i> (CD-101)	49
Tabel 5.8 Spesifikasi <i>Flash Drum</i> (FD-101)	49
Tabel 5.9 Spesifikasi Pompa (PP-103)	50
Tabel 5.10 Spesifikasi <i>Expander Valve</i> (EV-101)	51
Tabel 5.11 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-101)	51
Tabel 5.12 Spesifikasi <i>Condenser</i> (CD-102)	52
Tabel 5.13 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-101)	53
Tabel 5.14 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-102)	54
Tabel 5.15 Spesifikasi <i>Condenser</i> (CD-103).....	54
Tabel 5.16 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (CO-102)	55
Tabel 5.17 Spesifikasi <i>Expander Valve</i> (EV-102)	56
Tabel 5.18 Spesifikasi <i>Distillation Column</i> (DC-103)	56
Tabel 5.19 Spesifikasi <i>Condenser</i> (CD-104)	57
Tabel 5.20 Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-103)	58
Tabel 5.21 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-101)	58
Tabel 5.22 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-102).....	59
Tabel 5.23 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-103)	60
Tabel 5.24 Spesifikasi Tangki Penyimpanan <i>Styrene</i> (ST-102)	61
Tabel 5.25 Spesifikasi Tangki Penyimpanan <i>Benzene</i> (ST-103)	61
Tabel 5.26 Spesifikasi tangki Penyimpanan <i>Toluene</i> (ST-104)	62
Tabel 5.27 Spesifikasi Pompa (PP-104)	62
Tabel 5.28 Spesifikasi Pompa (PP-105)	63
Tabel 5.29 Spesifikasi Pompa (PP-106)	63

Tabel 5.30 Spesifikasi Pompa (PP-107)	64
Tabel 5.31 Spesifikasi Pompa (PP-108)	65
Tabel 5.32 Spesifikasi Pompa (PP-109)	65
Tabel 5.33 Spesifikasi Pompa (PP-110)	66
Tabel 5.34 Spesifikasi Pompa (PP-111)	66
Tabel 5.35 Spesifikasi Bak Sedimentasi (SB-201)	67
Tabel 5.36 Spesifikasi Tangki Alum (ST-201)	68
Tabel 5.37 Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-202)	69
Tabel 5.38 Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST-203)	69
Tabel 5.39 Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-201)	70
Tabel 5.40 Spesifikasi Sand Filter (SF-201)	71
Tabel 5.41 Spesifikasi <i>Domestic Water Tank</i> (ST-205)	71
Tabel 5.42 Spesifikasi <i>Hydrant Water Tank</i> (ST-201)	72
Tabel 5.43 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-201)	73
Tabel 5.44 Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-207)	73
Tabel 5.45 Spesifikasi Tangki Dispersan (ST-208)	74
Tabel 5.46 Spesifikasi Tangki Natrium Fosfat (ST-209)	74
Tabel 5.47 Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-201)	75
Tabel 5.48 Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-201)	76
Tabel 5.49 Spesifikasi <i>Demin Water Tank</i> (ST-210)	76
Tabel 5.50 Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DE-201)	77
Tabel 5.51 Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-211)	78
Tabel 5.52 Spesifikasi Tangki Kondensat (ST-212)	78
Tabel 5.53 Spesifikasi Boiler (BO-201)	79
Tabel 5.54 Spesifikasi Blower Steam (BL-201)	79

Tabel 5.55 Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-201)	79
Tabel 5.56 Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (CP-201)	80
Tabel 5.57 Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY-201)	80
Tabel 5.58 Spesifikasi Blower Udara (BL-202)	81
Tabel 5.59 Spesifikasi Blower Udara (BL-203)	81
Tabel 5.60 Spesifikasi Blower Udara (BL-204)	81
Tabel 5.61 Spesifikasi Blower Udara (BL-205)	81
Tabel 5.62 Spesifikasi Generator Listrik (GS-201)	82
Tabel 5.63 Spesifikasi Tangki BBM (ST-213)	82
Tabel 5.64 Spesifikasi Pompa (PU-201)	83
Tabel 5.65 Spesifikasi Pompa (PU-202)	83
Tabel 5.66 Spesifikasi Pompa (PU-203)	84
Tabel 5.67 Spesifikasi Pompa (PU-204)	84
Tabel 5.68 Spesifikasi Pompa (PU-205)	85
Tabel 5.69 Spesifikasi Pompa (PU-206)	85
Tabel 5.70 Spesifikasi Pompa (PU-207)	86
Tabel 5.71 Spesifikasi Pompa (PU-208)	86
Tabel 5.72 Spesifikasi Pompa (PU-209)	87
Tabel 5.73 Spesifikasi Pompa (PU-210)	87
Tabel 5.74 Spesifikasi Pompa (PU-211)	88
Tabel 5.75 Spesifikasi Pompa (PU-212)	88
Tabel 5.76 Spesifikasi Pompa (PU-213)	89
Tabel 5.77 Spesifikasi Pompa (PU-214)	89
Tabel 5.78 Spesifikasi Pompa (PU-215)	90
Tabel 5.79 Spesifikasi Pompa (PU-216)	90
Tabel 5.80 Spesifikasi Pompa (PU-217)	91

Tabel 5.81 Spesifikasi Pompa (PU–218)	91
Tabel 5.81 Spesifikasi Pompa (PU–219)	92
Tabel 5.83 Spesifikasi Pompa (PU–220)	93
Tabel 5.84 Spesifikasi Pompa (PU–221)	93
Tabel 6.1 Spesifikasi Air Sanitasi	95
Tabel 6.2 Kebutuhan Air Minum	96
Tabel 6.3 Spesifikasi Air Umpan Boiler	98
Tabel 6.4 Kebutuhan Air Umpan Boiler	98
Tabel 6.5 Spesifikasi Air Pendingin	99
Tabel 6.6 Kebutuhan Air Pendingin	100
Tabel 6.7 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian ...	116
Tabel 6.8 Pengendalian Variabel Utama Proses.....	117
Tabel 7.1 Perincian Luas Area Pabrik Styrene	124
Tabel 8.1 <i>Project Master Schedule</i>	193
Tabel 8.2 Jadwal Kerja Regu Shift	214
Tabel 8.3 Jumlah Operator	216
Tabel 8.4 Penggolongan Tenaga Kerja.....	218
Tabel 9.1 <i>Minimum Acceptable Return on Investment</i>	225
Tabel 9.2 <i>Acceptable Pay Out Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik	226
Tabel 9.3 <i>Fixed Capital Investment</i>	228
Tabel 9.4 Direct Manufacturing Cost	229
Tabel 9.5 Total Production Cost	230
Tabel 9.6 Discounted Cash Flow	233
Tabel 9.7 Hasil Uji Kelayakan	235

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Proses <i>Dehydrogenation Ethylbenzene</i>	26
Gambar 6.1 Deaerator	110
Gambar 6.2 Kontak Udara pada <i>Cooling Tower</i>	111
Gambar 6.3 <i>Cooling Water System</i>	112
Gambar 6.4 Kontak Udara pada <i>Cooling Tower</i>	111
Gambar 6.5 <i>Cooling Water System</i>	112
Gambar 6.6 Kontak Udara pada <i>Cooling Tower</i>	111
Gambar 6.7 <i>Cooling Water System</i>	112
Gambar 7.1 Peta Lokasi Pembangunan pabrik <i>Styrene</i>	118
Gambar 7.2 Tata Letak Pabrik	125
Gambar 9.1 Grafik Analisa Ekonomi	225
Gambar 9.2 Grafik <i>Cummulative Cash Flow</i>	235

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam menghadapi Masyarakat Ekonomi Asean (MEA), Indonesia harus meningkatkan pembangunan di segala bidang untuk bersaing dengan negara-negara lain. Salah satu upaya yang dapat dilakukan oleh pemerintah yaitu pembangunan di bidang industri dengan memanfaatkan potensi yang dimiliki Indonesia. Diharapkan dengan pembangunan di bidang industri, Indonesia dapat mengurangi ketergantungan terhadap Negara lain, memperluas lapangan kerja, dan menggerakkan perekonomian nasional.

Sektor industri kimia dasar merupakan salah satu sektor industri yang penting. Perkembangan industri kimia dasar akan terus-menerus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk karena digunakan sebagai bahan baku dalam industri makanan, minuman, farmasi dan lain sebagainya. Untuk pemenuhan bahan baku industri ini maka diperlukan adanya pembangunan industri kimia dasar, salah satunya seperti industri *styrene*.

Styrene merupakan salah satu bahan baku kimia yang saat ini masih banyak digunakan dalam berbagai macam industri. Dalam bidang industri, *styrene* digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan beberapa produk diantaranya pembuatan senyawa kimia dan untuk memperkuat industri polimer diantaranya : *Expanded Polystyrene Foam* (EPS), *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), resin *Styrene – Acrylonitrile* (SAN), *lateks Styrene – Butadiene*, *Styrene – Butadiene Rubber* (SBR), SIS (*Styrene – Isoprene – Styrene*), S-EB-S (*Styrene – Ethylene / Butylene – Styrene*), S-DVB (*Styrene – Divinylbenzene*) dan resin poliester tidak jenuh.

Menurut data Badan Pusat Statistik pada tahun 2019, Indonesia mengimpor sebanyak 30.212 ton *styrene*. Hal ini menunjukkan bahwa masih banyak industri yang membutuhkan *styrene* sebagai bahan baku produk mereka dan masih kurangnya suplai *styrene* dalam negeri untuk menyediakannya. Kekurangan kebutuhan *styrene* didapatkan impor sebagian besar dari Singapura dan Malaysia, serta beberapa dari Saudi Arabia dan Jepang.

Berdasarkan pertimbangan diatas, Pendirian pabrik *styrene* memiliki prospek yang sangat baik untuk ditingkatkan di Indonesia. selain karena tingkat impor yang masih cukup banyak, kebutuhan akan *styrene* dalam bidang industri di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya. Selain itu mendirikan sebuah pabrik *styrene* akan menyerap tenaga kerja yang akan mengakibatkan penurunan jumlah pengangguran yang ada di Indonesia.

1.2. Kegunaan Produk

Styrene banyak digunakan dalam produksi polistiren, polimer termoplastik yang dikenal luas dengan sifat mudah dibentuk. Diperkirakan lebih dari 64% dari total *styrene* yang diproduksi digunakan untuk membuat polistiren. Dari sisanya, sekitar 9% digunakan dalam kopolimer akrilonitril butadiena *styrene* (ABS), 7% digunakan untuk *Styrene-Butadiene Latex*, 5% untuk *Unsaturated Polyester Resins* (UPR), 4% untuk menghasilkan *Styrene-Butadiene Rubber* (SBR) dan 10% digunakan untuk memproduksi beragam kopolimer dan bahan rekayasa khusus (Othmer, 1994).

Berikut jenis industri yang menggunakan *styrene* sebagai bahan baku:

a. *Polystyrene (PS)*

- Polistiren kuat dan kokoh
- *Expanded polystyrene foam (EPS)*

b. *Butadiene (B)*

- *Styrene butadiene rubber (SBR)*
- *Plastic (SB)*
- *Latex (SBL)*

c. *Acrylonitrile and Butadiene (ABS)*

- *Acrylonitrile butadiene styrene copolymer*

d. *Styrene Acrylonitrile*

- *Styrene maleic anhydride copolymer*

1.3. Kapasitas Rancangan

Perancangan pabrik *styrene* bertujuan untuk dapat memenuhi kebutuhan *styrene* dalam negeri agar mengurangi kebutuhan impor yang berlebihan. Oleh karena itu, kapasitas pabrik *styrene* ditentukan berdasarkan beberapa hal diantaranya jumlah produksi, impor, ekspor dan jumlah kebutuhan *styrene* di Indonesia.

a. Impor

Data dari BPS Indonesia mengenai data perkembangan impor *styrene*.

Tabel 1.1 Data Impor *Styrene* di Indonesia (dalam Ton)

Tahun	Ton
2016	23.687
2017	26.451
2018	27.712
2019	30.212
2020	30.586

Sumber : BPS, 2021

Untuk menghitung kebutuhan impor *styrene* pada tahun 2025, bisa dibuat persamaan dengan cara *least square*, maka dapat diperkirakan sebagai berikut :

Tabel 1.2 Perhitungan dengan least Square

No	X(tahun)	Y	XY	X ²
1	2016	23687	47752992	4064256
2	2017	26451	53351667	4068289
3	2018	27712	55922816	4072324
4	2019	30212	60998028	4076361
5	2020	30586	61784449	4080400
Jumlah	10090	138648	279809223	20361630

$$y = n.c + m. x$$

$$138648 = 5c + 10090m$$

$$xy = x.c + m. x^2$$

$$279809223 = 10090c + 20361630m$$

Dari persamaan diatas, didapatkan nilai $m = 1755.9$, dan

nilai $c = -3515677$ Sehingga dihitung dengan persamaan :

$$Y = m.x + c$$

Diperkirakan jumlah impor *Styrene* pada tahun 2025, sebesar :

$$Y = 1755.9 * 2025 + (-3515677)$$

$$Y = 40020.9 \text{ ton/tahun}$$

Selain Indonesia, terdapat negara-negara lain juga yang mengimpor

styrene diantaranya, sebagai berikut :

Tabel 1.3 Data Impor *Styrene* di Negara Tujuan Ekspor

Tahun	Impor (Ton)		
	China	India	Filipina
2016	31.362	14.862	40
2017	57.501	27.625	1.392
2018	102.232	8.859	2.081
2019	106.096	31.288	2.100

Sumber : Trademap.org

Dari tabel 1.3 dapat diketahui bahwa impor *styrene* pada negara tersebut mengalami kenaikan setiap tahunnya, hal ini menunjukkan kebutuhan *styrene* yang mengalami peningkatan. Sehingga negara tersebut dapat menjadi target penjualan dari *styrene* produk pabrik ini.

Dari data pada tabel 1.3 dapat dilakukan pendekatan regresi linier dengan Ms. Excel dan didapatkan persamaan :

$$y_1 = 26893x - 5E+07 \text{ (China)}$$

$$y_2 = 3051.2x - 6E+06 \text{ (India)}$$

$$y_3 = 686.9x - 1E+06 \text{ (Filipina)}$$

dimana:

$$y_1 = \text{jumlah kebutuhan } styrene \text{ di China (ton/tahun)}$$

$$y_2 = \text{jumlah kebutuhan } styrene \text{ di India (ton/tahun)}$$

$$y_3 = \text{jumlah kebutuhan } styrene \text{ di Filipina (ton/tahun)}$$

Jadi dapat diperhitungkan untuk kebutuhan *styrene* di negara tersebut pada tahun 2025 yaitu China sebesar 4.458.325 ton, untuk India sebesar 178.680 ton dan untuk Filipina sebesar 390.972,5 ton.

b. Ekspor

Data dari BPS Indonesia mengenai data perkembangan ekspor *styrene*

Tabel 1.4 Data Ekspor *Styrene* di Indonesia (dalam Ton)

Tahun	Ton
2016	94.191
2017	194.153
2018	120.027
2019	163.702

Sumber : BPS, 2020

Tabel 1.5 Perhitungan dengan least Square

No	X(tahun)	Y	XY	X ²
1	2016	94.191	189889056	4064256
2	2017	194.153	391606601	4068289
3	2018	120.027	242214486	4072324
4	2019	163.702	330514338	4076361
Jumlah	8070	572.073	1154224481	16281230

$$y = n.c + x.m$$

$$572073 = 4c + 8070m$$

$$xy = x.c + m. x^2$$

$$1154224481 = 8070c + 16281230m$$

Dari persamaan diatas, didapatkan nilai $m = 13440.7$, dan

nilai $c = -26973594$ Sehingga dihitung dengan persamaan :

$$Y = m.x + c$$

Diperkirakan jumlah ekspor *styrene* pada tahun 2025, sebesar :

$$Y = 13440.7 \times 2025 + (-26973594)$$

$$Y = 243823.5 \text{ ton/tahun}$$

c. Produksi

Produksi *styrene* yang ada di Indonesia sebesar 340.000 ton/tahun yang di hasilkan oleh PT. Styrimdo Mono Indonesia.

d. Kebutuhan

Data mengenai data perkembangan kebutuhan *styrene* Indonesia

Tabel 1.6 Data kebutuhan *Styrene* di Indonesia (dalam Ton)

Tahun	Ton
2016	269496
2017	172298
2018	247685
2019	206510
2020	325506

Sumber : BPS, 2021

Untuk menghitung kebutuhan *styrene* pada tahun 2025, bisa dibuat persamaan dengan cara *least square*, maka dapat diperkirakan sebagai berikut :

Tabel 1.7 Perhitungan dengan least Square

No	X(tahun)	Y	XY	X ²
1	2016	269496	543303936	4064256
2	2017	172298	347525066	4068289
3	2018	247685	499828330	4072324
4	2019	206510	416943690	4076361
5	2020	325506	657524075	4080400
	10090	1221496	2465125097	20361630

$$y = n.c + m. x$$

$$1221496 = 5c + 10090m$$

$$xy = x.c + m. x^2$$

$$2465125097 = 10090c + 20361620m$$

Dari persamaan diatas, didapatkan nilai $m = 14623,394$, dan

nilai $c = -29265709$ sehingga dihitung dengan persamaan :

$$Y = m.x + c$$

Diperkirakan jumlah impor *Styrene* pada tahun 2025, sebesar :

$$Y = 14623,394 \times 2025 + (-29265709)$$

$$Y = 346662 \text{ ton/tahun}$$

Dari data jumlah ekspor, impor, produksi dan jumlah kebutuhan maka

dihitung kapasitas pabrik yang diperlukan yaitu,

$$\text{kapasitas produksi} = (\text{kebutuhan} + \text{ekspor}) - (\text{produksi} + \text{impor})$$

$$kp = (346662 + 243823,5) - (340000 + 40020,9)$$

$$kp = 210465,5$$

dari perhitungan kapasitas produksi yang didapat, kapasitas produksi yang akan dibangun untuk tahun 2025 adalah 50% dari kapasitas yang diperlukan sebesar 110.000 ton/tahun.

1.4. Analisis Pasar

Kebutuhan *styrene* dalam negeri yang terus meningkat, karena kebutuhan industri lain yang menggunakan *styrene* sebagai bahan baku maupun bahan penunjang semakin meningkat pula. Dengan menyediakan *styrene* untuk perkembangan industri lain yang menggunakan *styrene* dalam proses produksinya maka dalam pemasarannya akan lebih mudah. Beberapa pabrik industri polimer yang membutuhkan *styrene* sebagai bahan baku diantaranya adalah *PT. Indonesia Polymer Compound*, *PT. Petrokimia Butadiene Indonesia*, *PT. Golden Prima Sejahtera*, *PT. Prima Plastindo*, *PT. Mufasa Specialties Indonesia*, *PT. Chemindo Interbuana*. Dengan menyediakan bahan baku *styrene* diharapkan dapat bekerja sama dengan industri dalam negeri, dan selanjutnya dapat meningkatkan produksi untuk dapat melakukan ekspor.

1.5. Tempat dan Lokasi Pabrik

Pemilihan dan penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan pabrik, baik saat berproduksi maupun di masa yang akan datang. Secara geografis, penentuan lokasi pabrik sangat mempengaruhi kegiatan industri. Oleh karena itu, pemilihan lokasi pabrik harus mempertimbangkan biaya produksi dan biaya distribusi yang minimum, sehingga akan diperoleh

profit yang maksimal. Rencana lokasi pembangunan pabrik *styrene* adalah di kecamatan Kramatwatu, kabupaten Serang, Banten. Adapun faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik, yaitu:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku etilbenzena diperoleh dari PT. Styrimdo Mono Indonesia (SMI) yang terletak di Bojonegara, kab. Serang, Banten. Dan persediaan cadangan dapat diperoleh dari *Hebei Guanlang Biotechnology Co., Ltd*, China. Dengan bahan baku yang terjamin dan dapat menunjang keberlangsungan pabrik *styrene* yang akan dibangun.

2. Ketersediaan Utilitas

Kebutuhan air untuk unit utilitas, sanitasi, konsumsi, hingga pemadam kebakaran dipenuhi dari pengolahan air sungai Ci Banten, Serang, Banten.

3. Ketersediaan Listrik

Kebutuhan listrik dapat diperoleh dari pembangkit tenaga listrik (*generator set*) di pabrik. Secara eksternal dari PT. PLN Banten Utara yang terletak kec. Serang, Serang, Banten jika terjadi gangguan. Untuk kebutuhan bahan bakar diperoleh dari PT. Pertamina setempat.

4. Transportasi

Sarana angkutan dan transportasi dari lokasi pabrik atau ke lokasi pabrik merupakan faktor yang penting karena berhubungan dengan

pengiriman bahan baku, pengadaan peralatan, serta pengiriman produk. Untuk jalur transportasi dapat dilakukan dengan jalur darat melewati jalan Tol Trans Jawa, atau dengan lewat jalur laut Pelabuhan Merak, Banten.

5. Pemasaran Produk

Hasil produk digunakan terutama untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan juga memungkinkan untuk diekspor. Konsumen utama *Styrene* di Indonesia adalah industri polimer dan plastik.

6. Sosial Masyarakat

Pembangunan pabrik tidak mengganggu kehidupan masyarakat sekitar, karena daerah yang dipilih merupakan daerah industri. Selain itu karena daerah tersebut merupakan daerah industri maka perizinan tentang pendirian pabrik dan pelaksanaannya akan relatif lebih mudah

7. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja pabrik dapat terpenuhi dari daerah sekitar lokasi pabrik, mulai dari tenaga kerja terdidik, terlatih, terampil, hingga tenaga kerja kasar. Tenaga ahli dapat diperoleh dari lulusan perguruan tinggi di Indonesia. Data Serang dalam angka 2019 menyebutkan bahwa total penduduk di Serang mencapai 688.603 jiwa, yang terdiri laki-laki sebanyak 352.601 jiwa dan perempuan sebanyak 336.002 jiwa. Dengan adanya masyarakat sekitar sebagai tenaga kerja, maka berdirinya pabrik ini dapat mengurangi

pengangguran di daerah tersebut dan mampu meningkatkan taraf hidup masyarakat setempat.

BAB II

PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES

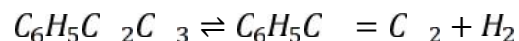
2.1. Proses Pembuatan *Styrene*

Proses pembuatan *styrene* dalam industri dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut :

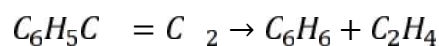
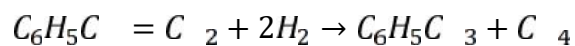
1. Dehidrogenasi *Ethylbenzene*

Dehidrogenasi katalitik adalah reaksi langsung dari *ethylbenzene* menjadi *styrene*, cara tersebut adalah proses pembuatan *styrene* yang banyak dikembangkan dalam produksi komersial. Reaksi terjadi pada fase uap dimana gas umpan melewati Fe_2O_3 padat. Reaksi bersifat endotermis dan merupakan reaksi kesetimbangan (Adams *et al.*, 1969)

Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Produk samping dari dehidrogenasi *ethylbenzene* adalah *toluene* dan *benzene*. Persen yield terbesar dari pembentukan *toluene* yaitu sekitar 2% dari produksi *styrene* ketika menggunakan katalis yang selektivitasnya tinggi. Reaksi terbentuknya *toluene* dari *styrene* sebagai berikut :



Persentase yield terbesar dari pembentukan *benzene* yaitu sampai 1% dari produksi *styrene*.

Diperoleh yield yang rendah jika reaksi ini berlangsung tanpa menggunakan katalis. Temperature reactor 537 – 665 °C pada tekanan 0,27 – 1,4 atm (US Patent 6.096.937). Konversi *ethylbenzene* mencapai 45% (Smith, 1970)

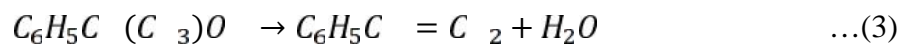
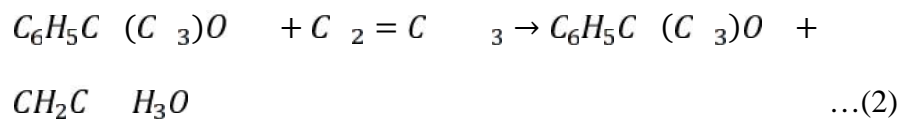
2. Oksidasi *Ethylbenzene*

Menurut Kirk Othmer (1994), produksi *propylene oxide* dan *styrene* mencakup tiga langkah reaksi: (1) oksidasi *ethylbenzene* menjadi *ethylbenzene hydroperoxide* (2) Epoksidasi *ethylbenzene hydroperoxide* dengan *propylene* untuk membentuk α -*phenylethanol* dan *propylene oxide*, dan (3) dehidrasi α -*phenylethanol* menjadi *styrene*.

Langkah oksidasi serupa dengan oksidasi *cumene* menjadi *cumene hydroperoxide* yang dikembangkan sebelumnya dan banyak digunakan dalam produksi fenol dan aseton. Hal ini dilakukan dengan gelembung udara melalui campuran reaksi cair dalam serangkaian reaktor dengan penurunan suhu dari 150 menjadi 130 °C, kira-kira. epoksidasi *ethylbenzene hydroperoxide* menjadi α -*phenylethanol* dan *propylene oxide* adalah hal terpenting dalam proses tersebut. Itu dilakukan dalam fase cair pada 100 – 130 °C dan dikatalisis oleh katalis *molybdenum naftenate* terlarut, juga dalam serangkaian reaktor dengan pendingin

antar reaktor. Dehidrasi α -phenylethanol menjadi styrene terjadi dengan katalis asam pada suhu sekitar 225 °C.

Reaksi yang terjadi berturut-turut adalah sebagai berikut:



Temperatur reactor 130 – 165 , dan tekanan 0,68 – 13,61 atm, serta konversinya ialah 20% (US Patent 4.950.794)

2.2. Pemilihan Proses

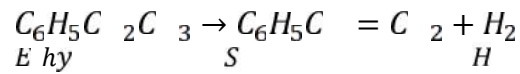
a. Tinjauan Termodinamika

Proses produksi styrene memiliki beberapa factor yang harus dipertimbangkan, salah satunya adalah faktor kelayakan proses secara teknis. Faktor ini mempertimbangkan panas reaksi yang dihasilkan (H°_f) dan energi bebas gibbs pembentukan (G°_f).

Penentuan panas reaksi bertujuan untuk mengetahui besarnya panas reaksi yang dibutuhkan atau dihasilkan dari suatu proses reaksi kimia. Panas reaksi bernilai negative (-) bersifat eksotermis menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses reaksi. Sedangkan untuk panas reaksi bernilai positif (+) bersifat endotermis, menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan sejumlah panas selama proses reaksi.

1. Pembuatan *Styrene* dengan Dehidrogenasi *Ethylbenzene*

Reaksi yang terjadi adalah



Nilai H_f° pada bahan baku utama dan produk seperti *ethylbenzene*, *styrene*, dan hydrogen dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2.1. Nilai H_f° dan G_f° Reaktan dan Produk

Komponen	Rumus Molekul	H_f° (kJ/mol)	G_f° (kJ/mol)
<i>Ethylbenzene</i>	C ₈ H ₁₀	29,79	130,58
<i>Styrene</i>	C ₈ H ₈	147,36	213,8
Hydrogen	H ₂	0	0

(Sumber : Yaws, 1996)

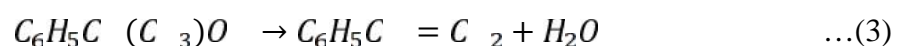
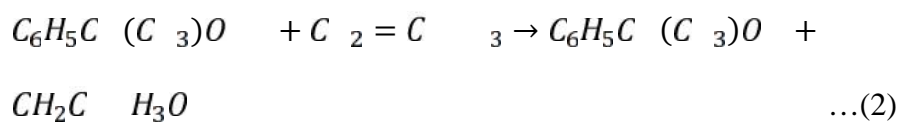
Tabel 2.2 Konstanta *Heat Capacities* (Cp)

Komponen	A	B	C	D	E
<i>Ethylbenzene</i>	-20,527	5,958E-04	-3,085E-04	3,562E-08	1,241E-11
<i>Styrene</i>	71,201	5,477E-02	6,479E-04	-6,987E-07	2,123E-10
Hydrogen	25,399	2,018E-02	-3,855E-05	3,188E-08	-8,758E-12

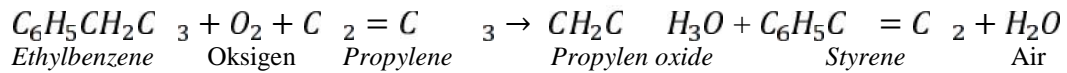
Sumber : Yaws, 1996)

2. Oksidasi *Ethylbenzene*

Reaksi yang terjadi berturut-turut adalah sebagai berikut:



Dari persamaan (1), (2), dan (3) didapatkan :



Tabel 2.3 Nilai H_f° dan G_f° Reaktan dan Produk

Komponen	Rumus Molekul	H_f° (kJ/mol)	G_f° (kJ/mol)
Ethylbenzene	C_8H_{10}	29,79	130,58
Oksigen	O_2	0	0
Ethylbenzene hidroperoxide	$C_8H_{10}O_2$	-256,37	112,93
Propylene	C_3H_6	19,71	62,21
Propylene oxide	C_3H_6O	-75,06	-25,77
2-Phenylethanol	$C_8H_{10}O$	-121	-2,85
Styrene	C_8H_8	147,36	213,8
Air	H_2O	-241,8	-226,6

Sumber : Yaws, 1966; Smith, 2001

Tabel 2.4 Konstanta *Heat Capacities* (C_p)

Komponen	A	B	C	D	E
Ethylbenzene	-20,527	5,958E-04	-3,085E-04	3,562E-08	1,241E-11
Oksigen	29,526	-8,899E-03	3,808E-05	-3,263E-08	8,861E-12
Ethylbenzene hidroperoxide**	-	-	-	-	-
Propylene*	1,637	22,706	-6,915	-	-
Propylene oxide	29,501	9,254E-02	2,562E-04	-2,992E-07	9,029E-11
2-Phenylethanol	-41,581	7,7144E-01	-6,035E-04	2,494E-07	-4,594E-11
Styrene	71,201	5,477E-02	6,479E-04	-6,987E-07	2,123E-10
Air	33,933	-8,419E-03	2,991E-05	-1,783E-08	3,693E-12

Sumber : Yaws, 1996; Smith, 2001

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

$$*C_p = A + BT + CT^2 + DT^{-2}$$

$$**C_p = 294,63$$

H_R dan G_R dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\Delta H_R = \Delta H_f^\circ + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C}{R} d$$

$$\Delta G_R = \Delta H_f^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_f^\circ - \Delta G_f^\circ) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C}{R} d - R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C}{R} \frac{d}{T}$$

Sedangkan,

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C}{R} d = A(T_0(\tau - 1) + \frac{B}{2}T_0^2(\tau^2 - 1) + \frac{C}{3}T_0^3(\tau^3 - 1) + \frac{D}{T_0}\left(\frac{\tau - 1}{\tau}\right))$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C}{R} \frac{d}{T}$$

$$= \Delta A \ln \tau + \left[\Delta B T_0 + \left(\Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2} \right) \left(\frac{\tau + 1}{2} \right) \right] (\tau - 1)$$

$$\tau = \frac{T}{T_0}$$

(Smith edisi 6, 2001)

Hasil perhitungan H_R dan G_R disajikan pada tabel berikut :

Tabel 2.5 H_R dan G_R

Reaksi	H_R (kJ/mol)	G_R (kJ/mol)
Dehidrogenasi	1157700,332	2704,093
Oksidasi	584689,710	2102,295

Dari hasil didapatkan nilai H_R keduanya positif yang berarti reaksi berlangsung secara endotermis sehingga membutuhkan panas. Dan juga nilai G_R keduanya bernilai positif yang berarti reaksi tidak berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan

energi tambahan dari luar, dimana pada reaksi dehidrogenasi menggunakan katalis Fe_2O_3 , sedangkan reaksi oksidasi menggunakan katalis *molybdenum naftenate* dan asam.

b. Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi bertujuan untuk mengetahui potensial ekonomi (EP) berdasarkan perhitungan ekonomi kasar pembelian bahan baku dan penjualan produk. Harga bahan baku dan penjualan produk dapat dilihat pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Harga Bahan Baku dan Produk

No.	Bahan Kimia	Per kg (Rp)
1.	C_8H_{10}	842,566
2.	Fe_2O_3	29,025
3.	C_3H_6	36.191,10
4.	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	14.512,5
5.	C_7H_8	45.000
6.	C_6H_6	18.820
7.	C_8H_8	12.843

Kurs 1 US \$ April 2021 adalah Rp. 14.512,5

Sumber : Alibaba, 2021

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Produksi} &= 110.000 \text{ ton/tahun} \\
 &= \frac{1 \text{ .0 t}}{1 \text{ t}} \times \frac{1 \text{ k}}{1 \text{ t}} \times \frac{1 \text{ t}}{3 \text{ ha}} \times \frac{1 \text{ ha}}{2 \text{ jc}} \\
 &= 13.888,89 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

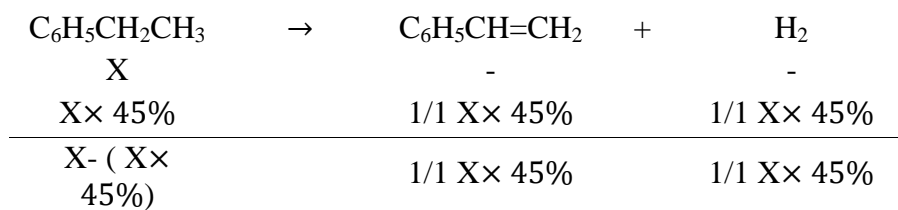
Untuk memproduksi *styrene* sebanyak 13.888,89 kg/jam maka akan dihitung kebutuhan bahan-bahan baku sebagai berikut :

1. Reaksi dehidrogenasi *ethylbenzene*

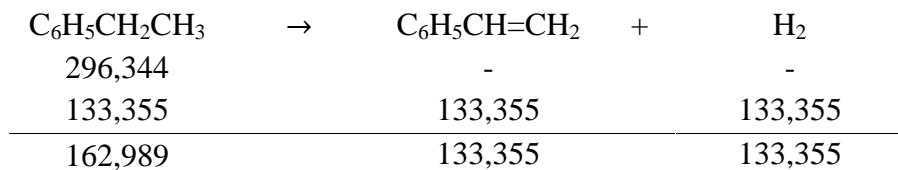
Produksi *styrene* per jam adalah sebanyak 13.888,89 kg, sehingga diperoleh mol *styrene* :

$$\text{Mol } \textit{styrene} = \frac{13.888,89 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{106,17 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}} = 133,355 \text{ kmol/jam (X)}$$

Reaksi yang terjadi adalah



Maka,



*satuan : kmol/jam

Massa *ethylbenzene* yang dibutuhkan

$$= 296,344 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 106,17 \frac{\text{kmol}}{\text{kg}}$$

$$= 31.462,81 \text{ kg/jam}$$

Karena ada *ethylenebenzene* yang tidak bereaksi sebanyak 17.304,55 kg, dan dapat direcycle

Sehingga massa *ethylbenzene* yang dibutuhkan : 14.158,26 kg/jam

$$\text{Sehingga kebutuhan pertahun} = 14.158,26 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{365 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}}$$

$$= 122.133.461 \text{ kg/tahun}$$

Kebutuhan katalis Fe_2O_3 120 ton untuk produksi 300.000 ton/tahun, dimana dapat digunakan selama 4 tahun (Kirk Othmer, 1994). Oleh karena itu, katalis yang dibutuhkan :

$$= \frac{120 \text{ t}_t}{300.000 \frac{\text{t}_t}{\text{t}_t \text{ hu}}} \times \frac{1}{4 \text{ t}_t \text{ hu}} \times 110.000 \frac{\text{t}_t}{\text{t}_t \text{ hu}}$$

$$= 11 \frac{\text{t}_t}{\text{t}_t \text{ hu}} = 11.000 \frac{\text{k}}{\text{t}_t \text{ hu}}$$

Dari reaksi dehidrogenasi *ethylbenzene* terdapat reaksi samping yang menghasilkan *toluene* dan *benzene*. Dimana *toluene* ialah 2% dari produksi *styrene* dan *benzene* 1% dari produksi *styrene* (Kirk Othmer, 1994) sehingga:

$$\text{Toluene} = 0,02 \times 110.000 \frac{\text{t}_t}{\text{t}_t \text{ hu}} = 2.200 \frac{\text{t}_t}{\text{t}_t \text{ hu}}$$

$$= 2.200.000 \frac{\text{k}}{\text{t}_t \text{ hu}}$$

$$\text{Benzene} = 0,01 \times 110.000 \frac{\text{t}_t}{\text{t}_t \text{ hu}} = 1.100 \frac{\text{t}_t}{\text{t}_t \text{ hu}}$$

$$= 1.100.000 \frac{\text{k}}{\text{t}_t \text{ hu}}$$

Maka perhitungan ekonomi kasar per tahun :

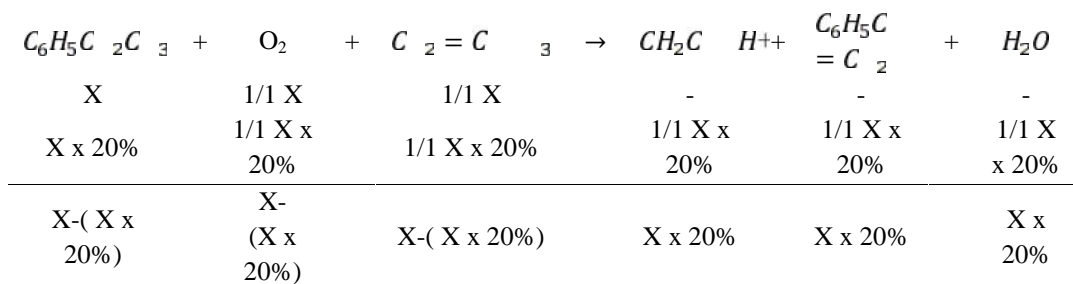
- Harga total bahan baku = (112.133.461 x Rp. 842,566) +
(11.000 x Rp. 29,025)
= Rp. 94.480.161.274
- Besar Penjualan = (110.000.000 x Rp. 12.843) +
(2.200.000 x Rp. 45.000) +
(1.100.000 x Rp.14.512,5)
= Rp. 1.527.693.750.000
- Keuntungan = penjualan – harga bahan baku
= Rp. 1.433.213.588.725

2. Oksidasi *ethylbenzene*

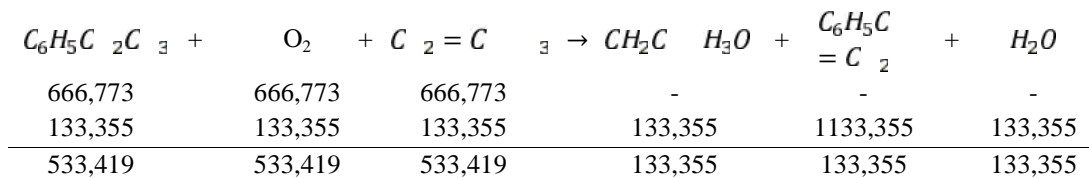
Produksi *styrene* per jam adalah sebanyak 13.888,89 kg, sehingga diperoleh mol *styrene* :

$$\text{Mol } \textit{styrene} = \frac{13.888,89 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{106,17 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}} = 133,355 \text{ kmol/jam (X)}$$

Reaksi yang terjadi adalah



Maka,



Satuan : kmol/jam

Massa *ethylbenzene* yang dibutuhkan

$$= 666,773 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 106,17 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

$$= 70.791,327 \text{ kg/jam}$$

Karena ada *ethylenebenzene* yang tidak bereaksi sebanyak 56.633,061 kg, dan dapat *direcycle*

Sehingga massa *ethylbenzene* yang dibutuhkan : 14.158,26 kg/jam

Maka kebutuhan pertahun

$$= 14.158,26 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \frac{2 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{3 \text{ hari}}{1 \text{ minggu}} + 70.791,327 \text{ kg}$$

$$= 112.133.461,4 + 70.791,327 \text{ kg}$$

$$= 112.204.252,7 \text{ kg/tahun}$$

Kebutuhan Propilen sebanyak 28.004,481 kg, tetapi ada yang tidak beraksi sebanyak 22403,584 kg sehingga yang dibutuhkan sebanyak 5600,896 kg

$$\begin{aligned} \text{Sehingga kebutuhan pertahun} &= 5600,896 \frac{\text{k}}{\text{jc}} \times \frac{2 \text{ jc}}{1 \text{ ha}} \times \frac{3 \text{ ha}}{t \text{ hu}} + \\ &28.004,481 \text{ kg} \\ &= 44.387.101,94 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Produk lain dari reaksi oksidasi *ethylbenzene* ialah *propylene oxide*. Produksi *propylene oxide* dalam setahun :

$$= 7.734,571 \frac{\text{k}}{\text{ja}} \times \frac{24 \text{ ja}}{1 \text{ ha}} \times \frac{330 \text{ ha}}{t \text{ hu}} = 61.257.801,25$$

Maka perhitungan ekonomi kasar per tahun :

- Harga total bahan baku = (112.204.252,7 x Rp. 842,566) +
(44.387.101,94 x Rp. 36.191)
= Rp. 1.700.969.961.639,66
- Besar Penjualan = (110.000.000 x Rp. 12.843)+
(61.257.801,25 x Rp. 14.512,5)
= Rp. 2.301.733.840.614,50
- Keuntungan = besar penjualan – harga total bahan baku
= Rp. 600.763.878.974,84

Berdasarkan proses yang telah diuraikan dan dihitung termodinamika serta ekonomi prosesnya, maka dapat diperoleh perbandingan dari proses-proses tersebut untuk mendapatkan proses yang baik.

Tabel 2.7 Perbandingan Proses Pembuatan *Styrene*

Karakteristik	Dehidrogenasi	Oksidasi
Bahan Baku	<i>Ethylbenzene</i>	<i>Ethylbenzene</i> dan <i>Propylene</i>
Suhu (°C)	537 – 665	130 – 165
Tekanan (atm)	0,27 – 1,4	0,68 – 13,61
Konversi	30 – 70%	8 – 20%
H _R (kJ/kmol)	1157700,332	584689,710
G _R (kJ/kmol)	2704,093	2102,295
Katalis	Fe ₂ O ₃	<i>molybdenum naftenate</i> dan asam
Alat Utama	1 reaktor	3 reaktor
Reaksi	1 tahap	3 tahap
Keuntungan	Rp. 1.433.213.588.725	Rp. 600.763.878.974,84

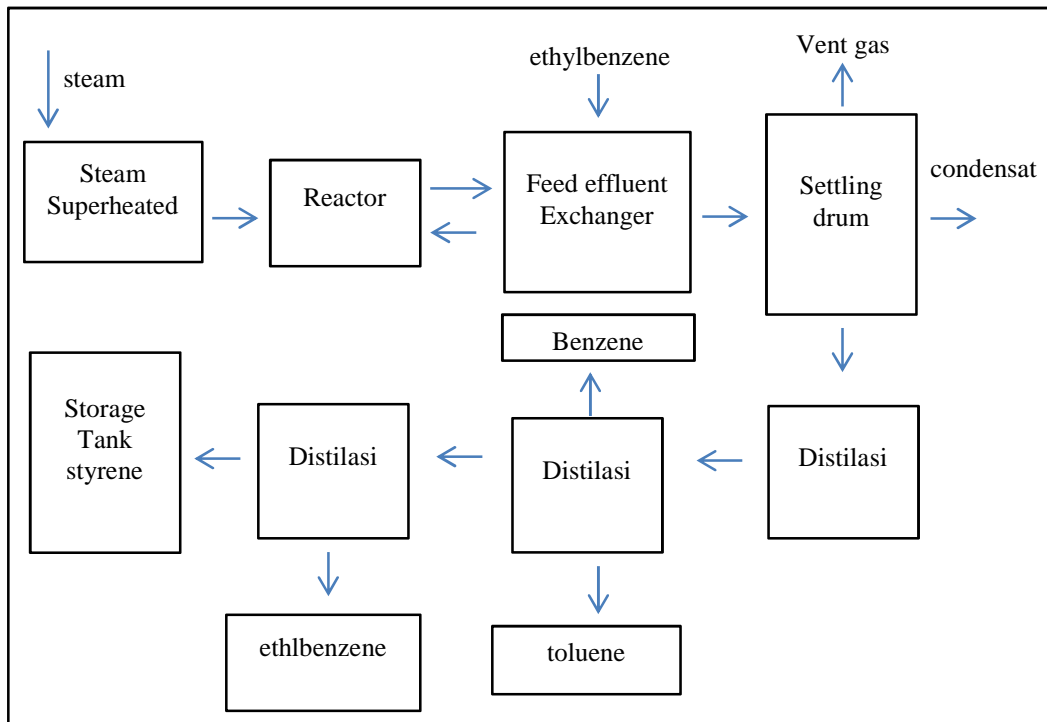
Dari berbagai pertimbangan yang telah diuraikan pada Tabel 2.7, maka proses yang dipilih dalam pembuatan *styrene* adalah proses Dehidrogenasi *ethylbenzene* dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Bahan baku dan katalis yang digunakan lebih sedikit, sehingga mengurangi pengeluaran.
- b. Konversi tinggi, untuk memaksimalkan proses dan terbentuknya suatu produk.

- c. Tekanan yang dibutuhkan lebih kecil, sehingga mengurangi energi yang diberikan.
- d. Reaksi yang terjadi ada 1 sehingga langsung mendapatkan produk yang diinginkan, sehingga hanya menggunakan 1 reaktor.
- e. Keuntungan yang didapatkan dari tinjauan ekonomi lebih besar.

2.3. Uraian Proses Pembuatan *Styrene*

Berikut adalah Diagram blok pembuatan stirena dengan proses *Dehydrogenation Ethylbenzene*.



Gambar 2.1 Proses *Dehydrogenation Ethylbenzene*

Pada prarancangan pabrik *styrene* dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap penyiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemurnian produk
4. Tahap penyimpanan produk

Adapun uraian dan penjelasan dari proses diatas adalah :

1. Tahap Penyiapan Bahan Baku

Persiapan bahan baku harus selalu diperhatikan dalam suatu pabrik, untuk menyiapkan bahan baku terhadap operasi yang diinginkan. Sehingga dengan bahan baku yang sudah di *treatment* reaksi dapat berjalan dengan baik. Tahap penyiapan bahan baku bertujuan untuk mengubah fase *ethylbenzene* dari cair menjadi gas dan menyesuaikan suhu dan tekanan *ethylbenzene* agar sesuai dengan suhu dan tekanan reaksi.

Bahan baku *ethylbenzene* cair disimpan di dalam tangki penyimpanan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. *Ethylbenzene* dari tangki penyimpanan dialirkan dengan pompa ke *Vaporizer* untuk diubah fasanya menjadi fasa gas, kemudian dialirkan ke *Heater* melalui *shell* untuk menaikkan suhu gas *ethylbenzene* sampai suhu 500°C dengan memanfaatkan panas dari produk keluaran reaktor. Kemudian bahan baku terlebih dahulu dimasukkan ke dalam *furnace* untuk menyesuaikan suhu reaksi lalu siap dimasukkan ke *Reactor* untuk direaksikan.

2. Tahap Pembentukan Produk

Bahan baku *ethylbenzene* yang tekanan dan suhunya sudah disesuaikan dengan kondisi operasinya diumpankan ke reaktor. Reaksi terjadi di dalam reaktor pada suhu 630°C dan tekanan 1,4 atm, dijalankan di dalam sebuah *Reactor Fixed Bed* (R-101). Produk keluar dari reaktor berada pada suhu 580°C dengan tekanan 1,4 atm.

3. Tahap Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan *styrene* dari campuran gas produk dengan cara kondensasi dan distilasi. Campuran gas produk keluar reaktor diturunkan suhunya melalui *heat exchanger* dan *vaporizer* dengan memanfaatkan panas untuk menaikkan suhu umpan *reactor* sehingga suhu campuran gas produk menjadi 137°C. Ketika suhu campuran diturunkan maka akan terjadi perbedaan antara komponen produk berwujud gas dan cairan yang kemudian dikondensasikan di *condenser* lalu dipisahkan melalui *condensor partial*. Komponen gas yang keluar melalui *condensor partial* akan digunakan sebagai bahan bakar pada *Boiler*.

Produk cair reaktor akan keluar dari bagian bawah *condensor partial* menuju menara distilasi pertama. Hasil atas menara distilasi pertama yaitu *toluene* dan *benzene*. Untuk hasil bawah berupa campuran *ethylbenzene* dan *styrene*. Setelah masuk ke menara distilasi dua hasil atas berupa *benzene*, sedangkan hasil bawah berupa *toluene*. Kemudian hasil bawah menara distilasi pertama masuk ke menara distilasi tiga dengan hasil atas berupa *ethylbenzene* yang digunakan kembali sebagai bahan baku sedangkan produk akhir *styrene* dengan kemurnian 99,90% berat. Produk *styrene* dialirkan dengan pompa menuju *cooler* untuk diturunkan suhunya sampai 30°C kemudian dimasukkan ke tangki penyimpanan *styrene*.

4. Tahap Penyimpanan Produk

Produk utama berupa *styrene* keluaran Menara Distilasi ketiga kemudian dialirkan ke Tangki Penyimpanan Styrene. Produk samping

berupa *Benzene* keluaran hasil atas Menara Distilasi pertama kemudian dialirkan ke Tangki Penyimpanan *Benzene* dan produk samping berupa *Toluene* dialirkan ke Tangki Penyimpanan *Toluene*. Semua produk berada pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, untuk selanjutnya akan dikemas dan siap untuk di perjual belikan.

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku

3.1.1 *Ethylbenzene*

Nama Lain : Ethylbenzol, Phenylethane

Rumus Kimia : C_8H_{10}

Wujud : Cair

Kenampakan : Tidak berwarna (bening)

Bau : Khas aromatis

Tekanan Uap : 9,6 mmHg @25°C

Titik Didih : 136°C

Titik Beku : -95°C

Komposisi :

Ethylbenzene : minimal 99,99% berat

Benzene : minimal 0,01% berat

Berat Jenis : 0,867 g/ml pada 25°C

Viskositas : 0,6268 cP

(MSDS *Ethylbenzene*, fscimage)

3.1.2 Iron (III) Oxide (Fe₂O₃)

Nama Lain	: Ferioksida, Ferric Oxide Red
Rumus Kimia	: Fe ₂ O ₃
Berat Molekul	: 159
Wujud	: Padat
Tekanan Uap	: 1 mmHg @20°C
Titik Beku	: 1565°C
Warna	: Kuning
Bentuk	: Granular
Diameter	: 4,7 mm
<i>Bulk Density</i>	: 977 kg/m ³
Porositas	: 0,35

(MSDS Chemsourc Enterprice,pte,Ltd. 2009)

3.2 Spesifikasi Produk

3.2.1 Styrene

Nama Bahan	: <i>Styrene</i>
Rumus Kimia	: C ₈ H ₈
Wujud	: Cair
Berat Molekul	: 104,152 gram/mol
Titik Beku	: 30,63°C
Tekanan Uap	: 4,55 mmHg @20°C
Densitas	: 0,8998 gram/ml
Viskositas	: 0,763 cP

Volume kritis	: 3,37 ml/gram
Tekanan kritis	: 38,4 bar
Titik didih	: 145°C pada 1 atm
Suhu kritis	: 362,1°C
<i>Flash point</i>	: 31,1°C
Kelarutan	: 0,032% berat dalam air
Viskositas	: 0,6719 cP

(MSDS Styrene, Chandra Asri)

Produk utama yang dihasilkan dari proses produksi Stirena dari etilbenzena adalah stirena dengan kandungan stirena 99,90%, impuritis 0,1% dalam bentuk cair. Produk ditimbang secara otomatis dan di kemas dalam wadah 100 kg yang telah disiapkan untuk dipasarkan.

3.2.2 Produk Samping

a. Benzene

Nama Lain	: Annulene, Benzolene, Pyrobenzol
Rumus Kimia	: C_6H_6
Berat Molekul	: 78,11 gr/mol
Titik Didih	: 80°F
Wujud	: Cair (bening)
Titik Leleh	: 41,9°C
Density	: 0,879
Tekanan Uap	: 94,8 mmHg (MSDS, Pubchem)

b. Toluene

Nama Lain : Methylbenzene, Phenylmethane, Toluol

Rumus Kimia : C_7H_8

Berat Molekul : 92,14

Wujud : Cair

Tekanan Uap : 28,4 mmHg @25°C

Viskositas : 0,59 cP

Titik Didih : 110,6°C

Titik Beku : -95°C

Specific Gravity : 0,86

(MSDS *Toluene*, fscimage)

BAB X
SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prarancangan Pabrik Styrene dari Ethylbenzene dengan Proses Dehidrogenasi Kapasitas 110.000 Ton/Tahun layak untuk dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. 2021. Tersedia di <http://m.indonesia.alibaba.com/amp.html>. Diakses pada tanggal 21 Februari 2021.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Buletin Statistik Perdagangan Luar negeri Ekspor dan Impor. Diakses melalui www.bps.go.id/publication/2021. Diakses pada tanggal 21 Februari 2021.
- Brown, G.G. 1978. *Unit Operation*. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Brownell, L E., and young, E H. 1959. *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons Inc., neew york.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1989, *Chemical Engineering*, Vol.6, Pergamon Press, Oxford.
- Fogler, H. Scott., 199, *Elements of Chemical Reaction Engineering*, 3rd ed, Prentice Hall PTR inc., New Jersey.
- Geankoplis, Christie. J., 1993, *Transport Processes Unit Operation*, Prentice Hall International Inc.
- Google Map. www.google.co.id. Diakses pada tanggal 21 Februari 2021.
- Kern, D.Q., 1965, *Process Heat Transfer*, McGraw Hill Book Company Inc., New york.

Matches, 2014. Matche's *Process Equipment Cost Estimates*.

<http://www.matches.com/equipcost.html>, diakses pada 21 Februari 2021.

McKetta, John J. 1985, *Encyclopedia Of Chemical Processing and Design*,
Marcel Dekker, Inc., New York.

Othmer-Kirk. Volume 22 – 4th ed. *Encyclopedia of Chemical Technology*.

Perry, R.M., and Green, D.W., 1997, *Perry's Chemical Engineering Hand Book*,
7th ed. Mc Graw Hill., Singapore.

Peter, M S., and Timmerhaus K.D. 1981. *Plants Design and Economics for
Chemical Engineers*. 3rd ed. McGraw hill. Kogakusha Ltd. Tokyo.

Smith, J M., Van Ness, H C., Abbott M. 1997. *Introduction to Chemical
Engineering Thermodynamics*, 6th ed. McGraw Hill. New York.

Smith, J M. 1981. *Chemical Engineering Kinetics*, 3rd ed. McGraw Hill.
Singapore.

Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and
Economics*, John Willey and Sons, New York.

Wallas, M W. 1988. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann Inc.,
New york.

Yaws C L. 1999. *Chemical properties Handbook*. McGraw Hill. United States of
America.