

**PRA RANCANGAN PABRIK STIRENA (C₈H₈) DARI ETILBENZENA
DENGAN PROSES DEHIDROGENASI KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN**

**Tugas Khusus:
Perancangan Menara Distilasi (MD-102)**

(Skripsi)

Oleh:

**APRILIA PUTRI WIJAYANTI
(2015041016)**



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

2026

ABSTRAK

PRA RANCANGAN PABRIK STIRENA (C₈H₈) DARI ETILBENZENA DENGAN PROSES DEHIDROGENASI KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN (Perancangan Menara Distilasi (MD-102))

Oleh:

Aprilia Putri Wijayanti

Prarancangan pabrik Stirena berbahan baku Etilbenzena direncanakan akan didirikan pada kawasan industri yang berada di Kramatwatu, Kabupaten Serang, Banten. Pendirian pabrik berdasarkan atas pertimbangan ketersediaan bahan baku, unit penunjang proses, transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan, dan kondisi lingkungan yang strategis. Pabrik yang direncanakan memproduksi Stirena sebanyak 75.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, selama 300 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah Etilbenzena sebanyak 13.083,49 kg/jam. Proses produksi stirena dari etilbenzena dilakukan pada fase gas dan bereaksi di reaktor *fixed bed single bed* pada suhu 620°C dan tekanan 1,9 atm. Proses berlangsung secara kontinu dalam satuan jam. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik terdiri dari unit pengadaan air, pengadaan *steam*, pengadaan udara, unit penyediaan listrik, dan unit pengolahan limbah.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi perusahaan *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 185 orang.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp 947.123.804.349
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp 167.139.494.885
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp 1.185.592.498.364
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 36%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 29,65%
<i>Pay Out Time</i>	(POT) = 2,73 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b = 28,66%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a = 22,92%
<i>Discounted Cash Flow</i>	(DCF) = 23%

Mempertimbangkan paparan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik Stirena dikaji lebih lanjut, karena memiliki keuntungan yang tinggi dimasa mendatang.

Kata kunci : Stirena, Etilbenzena, Dehidrogenasi, Prarancangan, Kelayakan.

ABSTRACT

PRELIMINARY DESIGN OF A STYRENE (C₈H₈) PLANT FROM ETHYLBENZENE WITH A DEHYDROGENATION PROCESS CAPACITY OF 75,000 TONS/YEAR (Design of Distillation Column (MD-102))

Written By:
Aprilia Putri Wijayanti

The pre-design of the Styrene plant using Ethylbenzene as the raw material is planned to be established in the industrial area located in Kramatwatu, Serang Regency, Banten. The establishment of the factory is based on considerations of raw material availability, supporting process units, adequate transportation, easily accessible labor, and a strategic environmental condition. The planned factory will produce Styrene at a rate of 75.000 tons/year, with an operating time of 24 hours/day, for 300 days/year. The raw material used is Ethylbenzene at a rate of 13.083,49 kg/hour. The production process of styrene from ethylbenzene is carried out in the gas phase and reacts in a single bed fixed bed reactor at a temperature of 620°C and a pressure of 1,9 atm. The process runs continuously in hourly units. The provision of factory utility needs consists of water supply units, steam supply units, air supply units, electricity supply units, and waste treatment units.

The form of the company is a Limited Liability Company (PT) using a line and staff organizational structure with a total of 185 employees.

From the economic analysis, it is obtained:

Fixed Capital Investment	(FCI) = Rp 947.123.804.349
Working Capital Investment	(WCI) = Rp 167.139.494.885
Total Capital Investment	(TCI) = Rp 1.185.592.498.364
Break Even Point	(BEP) = 36%
Shut Down Point	(SDP) = 29,65%
Pay Out Time	(POT) = 2,73 years
Return on Investment before taxes	(ROI) _b = 28,66%
Return on Investment after taxes	(ROI) _a = 22,92%
Discounted Cash Flow	(DCF) = 23%

Considering the above exposition, it is appropriate to further examine the establishment of the Styrene plant, as it has high future profitability.

Keywords: Styrene, Ethylbenzene, Dehydrogenation, Pre-design, Feasibility.

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : PRA RANCANGAN PABRIK STIRENA (C_8H_8) DARI
ETILBENZENA DENGAN PROSES
DEHIDROGENASI KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus: Perancangan Menara Distilasi (MD-102))

Nama Mahasiswa : Aprifia Putri Wijayanti

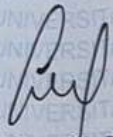
Nomor Pokok Mahasiswa : 2015041016


Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

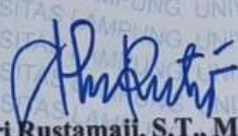
Menyetujui,
Komisi Pembimbing




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


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

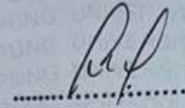
Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr. Heri Rustamaji, S.T., M. Eng
NIP. 198011212006041002

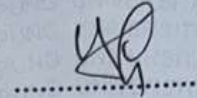
MENGESAHKAN

Tim Penguji

Ketua : Lia Lismeri, S.T., M.T.

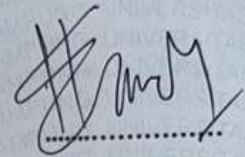


Sekretaris : Yuli Darni, S.T., M.T.

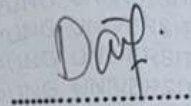


Penguji

Bukan Pembimbing : Ir. Lilis Hermida, S.T., M.Sc., Ph.D.



Darmansyah, S.T., M.T., Ph.D.



Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. H. Arifad Herison, S.T., M.T.

NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **Kamis, 21 Mei 2026**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan yang sebenarnya bahwa :

1. Skripsi yang berjudul Pra rancangan Pabrik Stirena (C_8H_8) dari Etilbenzena (C_8H_{10}) dengan Proses Dehidrogenasi Kapasitas 75.000 Ton/Tahun berupa karya ilmiah yang tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain atau yang disebut dengan plagiarisme, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah tersebut diserahkan sepenuhnya kepada para dosen peneliti tersebut dan Universitas Lampung.

Atas pernyataan di atas, jika di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 11 Juni 2026

Dibuat Pernyataan



Aprilia Putri Wijayanti

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung Timur pada tanggal 12 April 2002. Penulis merupakan anak tunggal dari Bapak Supriyanto dan Ibu Endang Marwati. Penulis memulai pendidikan jenjang sekolah dasar di SDN 1 Kedaton II.

Lalu melanjutkan pendidikan jenjang menengah pertama di SMPN 1 Seputih Raman dan melanjutkan pendidikan jenjang menengah atas di SMAN 1 Kotagajah yang diselesaikan pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN/SNBT.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (HIMATEMIA) FT UNILA dan dalam organisasi FOSSI-FT serta beberapa organisasi di luar kampus. Pada Januari 2023, penulis mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjung Sakti, Pesisir Barat. Pada Juni hingga Juli 2023, penulis melaksanakan kerja praktik di Kilang Internasional Pertamina RU VI Balongan, Indramayu dengan Tugas Khusus bertajuk "Evaluasi Kinerja Heat Exchanger 110/111 A/B pada Crude Distillation Unit". Kemudian penulis melakukan penelitian pada September 2023 dengan tajuk penelitian yaitu "Uji Performa Adsorpsi Reactivated Spent Bleaching Earth Ditinjau Dari %Bleaching Power dan Surface Acidity Value Pada Pemucatan Crude Palm Oil".

PERSEMBAHAN

Allah SWT

Alhamdulillah..... Terimakasih Kepada Allah Yang Maha Segala-gala Nya. Pemilik seluruh alam semesta dan seisinya. Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji bagi Allah... hamba ucapkan syukur atas limpahan berkah dan karunia-Nya sehingga hamba dapat menyelesaikan pendidikan S1 ini. Terimakasih telah merangkul dan menuntun hamba selama ini. Kepada Rasulullah, Nabi Besar Muhammad SAW, shalawat beserta salam selalu hamba haturkan. Hamba mempersembahkan karya ini sebagai salah satu jalan dalam meraih ridho dan pahala-Mu.

Keluarga Tercintaku

Teruntuk keluarga yang kucintai, terimakasih karena telah menyayangiku, merawatku dan mendidikku. Terimakasih untuk segala cinta, doa dan dukungan yang selalu terucap tanpa tersedat. Terimakasih untuk segala-galanya. Karya ini ku persembahkan sebagai bentuk tanggungjawab dan bukti atas didikan dan kasih sayang yang telah kalian berikan kepadaku.

Dosen Teknik Kimia

Karya ini saya persembahkan sebagai wujud tanggung jawab sebagai mahasiswa, dan juga sebagai bukti atas kebaikan dan tanggung jawab para dosen dalam mendidik selama ini. Terima kasih Bapak/Ibu Dosen untuk ilmu dan motivasi yang telah anda berikan.

Diriku

Terimakasih telah bertahan. Terimakasih selalu bangkit, pantang menyerah menghadapi semuanya. Terimakasih untuk tetap hidup. Skripsi ini, saya persembahkan untuk diri saya sendiri sebagai bentuk bukti perjuangan saya selama kuliah, sebagai pengingat bahwasannya selalu ada jalan untuk setiap kesulitan. April kamu bisa.

Sahabat-sahabatku

Terimakasih atas dukungan, doa, motivasi dan penghibur dikala sulit. Skripsi ini saya persembahkan untuk menjadi motivasi agar kita selalu berusaha dan tidak menyerah.

Dan tidak lupa, karya ini saya persembahkan kepada kampus tercinta. Semoga bermanfaat bagi yang membacanya di kemudian hari.

MOTTO

" Grow through what you go through"

"Mekar pada waktunya, layu untuk belajar tumbuh kembali"

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan banyak kenikmatan dan segalanya yang membuat penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik, yang bertajuk "Pra rancangan Pabrik Stirena dari Etilbenzena dengan Proses Dehidrogenasi Kapasitas 75.000 Ton/Tahun" dengan baik. Penulis menyadari banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak selama pelaksanaan dan pengerjaan laporan tugas akhir. Melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Mami dan Almarhum Ayahku yang selalu memberikan dukungan moral dan moril selama pendidikanku. Terimakasih untuk setiap kalimat penyemangat dan lantunan doa yang tidak pernah putus. Terimakasih telah memotivasi putri tunggalmu untuk sekolah tinggi.
2. Bapak Dr. Heri Rustamaji, S.T., M.Eng selaku Kepala Jurusan Teknik Kimia, Universitas Lampung yang telah memberikan saya arahan, ilmu dan masukan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Ibu Lia Lismeri, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan ilmu, arahan dan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir.
4. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan ilmu, petunjuk dan bimbingan selama perkuliahan dan dalam penyelesaian tugas akhir.
5. Ibu Ir. Lilis Hermida, S.T.,M.Sc.,Ph.D. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan tugas akhir.
6. Bapak Darmansyah, S.T.,M.T.,Ph.D. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan tugas akhir. Bandar Lampung, 11 Juni 2026.
7. Ibu Nindya Indah Kusumawardani, S.T., M.T. dan Bapak Aris Setiawan, S.T., M.Eng, yang telah memberikan masukan, solusi, motivasi dalam penyelesaian laporan tugas akhir.

8. Angga Anggraeni, *my partner*, terimakasih untuk dukungan dan telah berjuang bersama.
9. M.Khoirul Fikri terimakasih telah memberikan dukungan semangat, bantuan materi dan monitoring selama perkuliahan dari dulu, sekarang dan Insya Allah selamanya.
10. Teman-teman angkatan 2020. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih banyak atas dukungannya.

Penulis,

Aprilia Putri Wijayanti

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERNYATAAN	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	v
SANWACANA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kegunaan Produk	2
1.3. Ketersediaan Bahan baku	2
1.4. Lokasi Pabrik	3
1.5. Kapasitas Perancangan Pabrik	4
BAB II PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES	8
2.1. Proses Pembuatan Stirena.....	8
2.2. Pemilihan Proses	10
2.2.1. Tinjauan Termodinamika	10
2.3. Uraian Proses	16
2.3.1. Tahap Persiapan Bahan Baku	16
2.3.2. Tahap Pembentukan Produk	17
2.3.3. Tahap Pemurnian Produk	18

2.3.4. Tahap Penyimpanan Produk	18
BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	19
3.1. Spesifikasi Bahan Baku.....	19
3.1.1. Etilbenzena	19
3.1.2. <i>Iron (III) Oxide</i> (Fe_2O_3)	19
3.2. Spesifikasi Produk Utama	20
3.2.1. Stirena	20
3.3. Spesifikasi Produk Samping	20
3.3.1. Toluena.....	20
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	22
4.1. Neraca Massa	23
4.1.1. <i>Mixing Point</i> (MP-101).....	23
4.1.2. <i>Vaporizer</i> (VP-101)	24
4.1.3. <i>Mixing Point</i> (MP-102).....	24
4.1.4. Reaktor (RE-101).....	25
4.1.5. Reaktor (RE-102).....	26
4.1.6. <i>Flash Drum</i> (FD-101).....	27
4.1.7. <i>Decanter</i> (DE-101).....	27
4.1.8. Menara Distilasi (MD-101).....	28
4.1.9. Menara Distilasi (MD-102).....	29
4.2. Neraca Energi.....	31
4.2.1. <i>Mixing Point</i> (MP-101).....	31
4.2.2. <i>Vaporizer</i> (VP-101)	32
4.2.3. <i>Heat Exchanger</i> (HE-101)	33
4.2.4. <i>Mixing Point</i> (MP-102).....	33
4.2.5. Reaktor (RE-101).....	34
4.2.6. <i>Heater</i> (HE-102).....	35
4.2.7. Kompresor (CP-101)	35
4.2.8. Reaktor (RE-102).....	36
4.2.9. <i>Waste Heat Boiler</i> (WHB-101).....	37
4.2.10. <i>Economizer</i> (WHB-102)	37
4.2.11. <i>Partial Condenser</i> (CD-101)	38
4.2.12. <i>Flash Drum</i> (FD-101).....	39

4.2.13. <i>Decanter</i> (DE-101).....	39
4.2.14. <i>Heater</i> (HE-103)	40
4.2.15. Menara Distilasi (MD-101).....	41
4.2.16. Menara Distilasi (MD-102).....	42
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN PROSES	43
5.1. Spesifikasi Peralatan Proses.....	43
5.1.1. Tangki Penyimpanan Etilbenzena.....	43
5.1.2. Pompa Proses (PP-101)	44
5.1.3. <i>Vaporizer</i> (VP-101)	44
5.1.4. <i>Separator</i> (SE-101)	45
5.1.5. <i>Heat Exchanger</i> (HE-101)	45
5.1.6. Reaktor (RE-101).....	46
5.1.7. <i>Heater</i> (HE-102).....	47
5.1.8. Kompresor (CP-101)	47
5.1.9. Reaktor (RE-102).....	48
5.1.10. <i>Waste Heat Boiler</i> (WHB-101).....	48
5.1.11. <i>Economizer</i> (WHB-102)	49
5.1.12. <i>Separator/Steam Drum</i> (SE-102).....	50
5.1.13. <i>Partial Condensor</i> (CD-101).....	50
5.1.14. <i>Flash Drum</i> (FD-101).....	51
4.1.15. <i>Decanter</i> (DE-101).....	51
4.1.16. <i>Heat Exchanger</i> (HE-103).....	52
4.1.17. Pompa Proses (PP-102).....	52
4.1.18. Menara Distilasi (MD-101)	53
4.1.19. <i>Condensor</i> (CD-102)	54
4.1.20. Akumulator (AC-101).....	54
4.1.21. Pompa Proses (PP-103).....	55
4.1.22. <i>Reboiler</i> (RB-101)	55
4.1.23. Pompa Proses (PP-104).....	56
4.1.24. Menara Distilasi (MD-102)	56
4.1.25. <i>Condensor</i> (CD-103)	57
4.1.25. Akumulator (AC-102).....	57
4.1.26. Pompa Proses (PP-105).....	58

4.1.27.	<i>Reboiler</i> (RB-102)	58
4.1.28.	Pompa Proses (PP-106).....	59
4.1.29.	<i>Cooler</i> (CO-101)	59
4.1.30.	<i>Cooler</i> (CO-102)	60
4.1.31.	<i>Storage Tank</i> (ST-102)	60
4.1.32.	<i>Storage Tank</i> (ST-103)	61
5.2.	Spesifikasi Peralatan Utilitas	62
5.2.1.	Pompa Utilitas (PU-201).....	62
5.2.2.	Bak Sedimentasi (SB-201).....	62
5.2.3.	Pompa Utilitas (PU-202).....	63
5.2.4.	Tangki Alum (ST-201)	63
5.2.5.	Pompa Utilitas (PU-203).....	64
5.2.6.	Tangki Kaporit (ST-202).....	64
5.2.7.	Pompa Utilitas (PU-204).....	65
5.2.8.	Tangki NaOH (ST-203).....	65
5.2.9.	Pompa Utilitas (PU-205).....	66
5.2.10.	Klarifier (CL-201).....	66
5.2.11.	Pompa Utilitas (PU-206).....	67
5.2.12.	<i>Sand Filter</i> (SF-201).....	67
5.2.14.	Pompa Utilitas (PU-208).....	68
5.2.15.	<i>Filtered Water Tank</i> (ST-204)	69
5.2.16.	Pompa Utilitas (PU-209).....	69
5.2.17.	Pompa Utilitas (PU-210).....	70
5.2.18.	Tangki Asam Sulfat (ST-205)	70
5.2.19.	Pompa Utilitas (PU-211).....	71
5.2.20.	Tangki Dispersan (ST-206).....	71
5.2.21.	Pompa Utilitas (PU-212).....	72
5.2.22.	Tangki Inhibitor (ST-207).....	72
5.2.23.	Pompa Utilitas (PU-213).....	73
5.2.24.	<i>Hot Basin</i> (HB-401)	73
5.2.25.	Pompa Utilitas (PU-213—2)	73
5.2.26.	<i>Cooling Tower</i> (CT-401)	74
5.2.27.	Pompa Utilitas (PU-213—3)	75
5.2.28.	<i>Cold Basin</i> (CB-401)	75

5.2.29. Pompa Utilitas (PU-214).....	76
5.2.30. <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	76
5.2.31. Pompa Utilitas (PU-215).....	77
5.2.32. <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	77
5.2.33. Pompa Utilitas (PU-216).....	78
5.2.34. Pompa Utilitas (PU-217).....	78
5.2.35. Tangki Air Demin (ST-208).....	79
5.2.36. Pompa Utilitas (PU-218).....	79
5.2.37. Deaerator (DE-401).....	80
5.2.38. Pompa Utilitas (PU-219).....	80
5.2.39. Tangki Hidrazin (ST-209).....	81
5.2.40. Tangki Air Hidran (ST-210).....	81
5.2.41. Tangki Air Domestik (ST-211).....	82
5.2.42. Pompa Utilitas (PU-220).....	82
5.2.43. Pompa Utilitas (PU-301).....	83
5.2.44. Pompa Utilitas (PU-302).....	83
5.2.45. <i>Boiler</i> (BO-301).....	84
5.2.46. <i>Blower</i> Udara Tekan (BL-401)	84
5.2.47. <i>Cyclone</i> (CY-401).....	85
5.2.48. <i>Blower</i> Udara Tekan (BL-402)	85
5.2.49. <i>Air Dryer</i> (AD-401).....	85
5.2.50. <i>Blower</i> Udara Tekan (BL-403)	86
5.2.51. <i>Air Compressor</i> (AC-401).....	86
5.2.52. <i>Blower</i> Udara Tekan (BL-404)	86
5.2.53. <i>Generator</i> Penyedia Listrik (GS-501)	87
5.2.54. Tangki BBM (ST-501)	87
5.3. Spesifikasi Peralatan Tambahan (Unit Proses).....	88
5.2.55. <i>Jet Ejector</i> (JE-101).....	88
5.2.56. <i>Jet Ejector</i> (JE-102).....	88
5.2.57. <i>Condensor</i> (CD-104)	88
5.2.58. <i>Condensor</i> (CD-105)	89
5.2.59. <i>Hotwell</i> (HW-101).....	89
5.2.60. <i>Hotwell</i> (HW-102).....	90
BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	91

6.1. Kebutuhan Air	91
6.2. Unit Penyedia Air (<i>Water Treatment Plant</i>).....	97
6.3. Unit <i>Cooling Tower</i>	103
6.4. Unit Penyedia <i>Steam</i>	103
6.5. Unit Penyedia Udara Instrumen	103
6.6. Unit Pembangkit Tenaga Listrik.....	104
6.7. Unit Penyedia Bahan Bakar	104
6.8. Unit Pengolahan Limbah.....	104
6.9. Unit Instrumentasi dan Pengendalian Proses	105
6.10. Laboratorium.....	107
BAB VII TATA LETAK PABRIK	111
7.1. Lokasi Pabrik	111
7.2. Tata Letak Pabrik.....	113
7.3. Perkiraan Area Lingkungan	115
BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN OPERASI PERUSAHAAN	118
8.1. <i>Project Master Schedule</i>	118
8.2. Bentuk Perusahaan	120
8.3. Struktur Organisasi Perusahaan	122
8.4. Tugas Dan Wewenang.....	125
8.5. Status Karyawan Dan Sistem Penggajian.....	133
8.6. Pembagian Jam Kerja Karyawan	134
8.7. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Tenaga Kerja.....	136
8.7. Kesejahteraan Karyawan	140
8.8. Manajemen Produksi	144
BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI.....	146
9.1. Penaksiran Harga Peralatan	147
9.2. Dasar Perhitungan	147
9.3. Perhitungan Biaya	147
9.4. Analisis Kelayakan	150
BAB X KESIMPULAN DAN SARAN.....	154
10.1. Kesimpulan	154
10.2. Saran	154

DAFTAR PUSTAKA..... 155

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1.1. Data Impor Stirena di Indonesia	4
Tabel 1.2. Data Pabrik Stirena di Dunia	6
Tabel 2.1. Nilai $\Delta H^{\circ}f$ dan $\Delta G^{\circ}f$ Reaktan dan Produk	11
Tabel 2.2. Konstanta Heat Capacities (C_p).....	11
Tabel 2.3. Nilai $\Delta H^{\circ}f$ dan $\Delta G^{\circ}f$ Reaktan dan Produk.....	13
Tabel 2.4. Konstanta <i>Heat Capacities</i> (C_p)	13
Tabel 2.5. Perbandingan Proses dalam Produksi Stirena.....	15
Tabel 4.1. Komponen Bahan Baku Etilbenzena	23
Tabel 4.2. Neraca Massa <i>Mixing Point</i> (MP-101)	24
Tabel 4.3. Neraca Massa <i>Vaporizer</i> (VP-01).....	24
Tabel 4.4. Neraca Massa <i>Mixing Point</i> (MP-102)	25
Tabel 4.5. Neraca Massa Reaktor (RE-101)	26
Tabel 4.6. Neraca Massa Reaktor (RE-102)	26
Tabel 4.7. Neraca Massa <i>Flash Drum</i> (FD-101)	27
Tabel 4.8. Neraca Massa <i>Decanter</i> (DE-101)	28
Tabel 4.9. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-101)	29
Tabel 4.10. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-102).....	30
Tabel 4.2.1. Neraca Energi <i>Mixing Point</i> (MP-101).....	31
Tabel 4.2.2. Neraca Energi <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	32

Tabel 4.2.3. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-101).....	33
Tabel 4.2.4. Neraca Energi <i>Mixing Point</i> (MP-102).....	34
Tabel 4.2.5. Neraca Energi Reaktor (RE-101).....	34
Tabel 4.2.6. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-102).....	35
Tabel 4.2.7. Neraca Energi Kompresor (CP-101).....	36
Tabel 4.2.8. Neraca Energi Reaktor (RE-102).....	36
Tabel 4.2.9. Neraca Energi <i>Waste Heat Boiler</i> (WHB-101).....	37
Tabel 4.2.10. Neraca Energi <i>Economizer</i> (WHB-102).....	38
Tabel 4.2.11. Neraca Energi <i>Partial Condenser</i> (CD-101).....	38
Tabel 4.2.12. Neraca Energi <i>Flash Drum</i> (FD-101).....	39
Tabel 4.2.13. Neraca Energi <i>Decanter</i> (DE-101).....	40
Tabel 4.2.14. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-103).....	40
Tabel 4.2.15. Neraca Energi Menara Distilasi (MD-101).....	41
Tabel 4.2.16. Neraca Energi Menara Distilasi (MD-102).....	42
Tabel 5.1. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Etilbenzena (ST-101).....	43
Tabel 5.2. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101).....	44
Tabel 5.3. Spesifikasi <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	44
Tabel 5.4. Spesifikasi <i>Separator</i> (SE-101).....	45
Tabel 5.5. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-101).....	45
Tabel 5.6. Spesifikasi Reaktor (RE-101).....	46
Tabel 5.7. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-102).....	47
Tabel 5.8. Spesifikasi Kompresor (CP-101).....	47
Tabel 5.9. Spesifikasi Reaktor (RE-102).....	48
Tabel 5.11. Spesifikasi <i>Waste Heat Boiler</i> (WHB-101).....	48
Tabel 5.10. Spesifikasi <i>Economizer</i> (WHB-102).....	49
Tabel 5.12. Spesifikasi <i>Separator/Steam Drum</i> (SE-102).....	50

Tabel 5.13. Spesifikasi <i>Partial Condensor</i> (CD-101).....	50
Tabel 5.14. Spesifikasi <i>Flash Drum</i> (FD-101).....	51
Tabel 5.15. Spesifikasi <i>Decanter</i> (DE-101).....	51
Tabel 5.16. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-103).....	52
Tabel 5.17. Spesifikasi Pompa Proses (PP-102).....	52
Tabel 5.18. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-101)	53
Tabel 5.19. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-102)	54
Tabel 5.20. Spesifikasi Akumulator (AC-101).....	54
Tabel 5.21. Spesifikasi Pompa Proses (PP-103).....	55
Tabel 5.22. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-101).....	55
Tabel 5.23. Spesifikasi Pompa Proses (PP-104).....	56
Tabel 5.24. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-102)	56
Tabel 5.25. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-103)	57
Tabel 5.26. Spesifikasi Akumulator (AC-102).....	57
Tabel 5.27. Spesifikasi Pompa Proses (PP-105).....	58
Tabel 5.28. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-102).....	58
Tabel 5.29. Spesifikasi Pompa Proses (PP-106).....	59
Tabel 5.30. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-101)	59
Tabel 5.31. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-102)	60
Tabel 5.32. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-102)	60
Tabel 5.33. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-103)	61
Tabel 5.34. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-201).....	62
Tabel 5.35. Spesifikasi Bak Sedimentasi (SB-201).....	62
Tabel 5.36. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-202).....	63
Tabel 5.37. Spesifikasi Tangki Alum (ST-201)	63
Tabel 5.38. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-203).....	64

Tabel 5.39. Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-202)	64
Tabel 5.40. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-204).....	65
Tabel 5.41. Spesifikasi Tangki NaOH (ST-203).....	65
Tabel 5.42. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-205).....	66
Tabel 5.43. Spesifikasi Klarifier (CL-201).....	66
Tabel 5.44. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-206).....	67
Tabel 5.45. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-201).....	67
Tabel 5.47. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-208).....	68
Tabel 5.48. Spesifikasi <i>Filtered Water Tank</i> (ST-204)	69
Tabel 5.49. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-209).....	69
Tabel 5.50. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-210).....	70
Tabel 5.51. Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-205)	70
Tabel 5.52. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-211).....	71
Tabel 5.53. Spesifikasi Tangki Dispersan (ST-206).....	71
Tabel 5.54. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-212).....	72
Tabel 5.55. Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-407).....	72
Tabel 5.56. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-213).....	73
Tabel 5.57. Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB-401).....	73
Tabel 5.58. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-213—2)	73
Tabel 5.59. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	74
Tabel 5.60. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-213—3)	75
Tabel 5.61. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401)	75
Tabel 5.62. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-214).....	76
Tabel 5.63. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	76
Tabel 5.64. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-215).....	77
Tabel 5.65. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	77

Tabel 5.66. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-216).....	78
Tabel 5.67. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-217).....	78
Tabel 5.68. Spesifikasi Tangki Air Demin (ST-208).....	79
Tabel 5.69. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-218).....	79
Tabel 5.70. Spesifikasi Deaerator (DE-401).....	80
Tabel 5.71. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-219).....	80
Tabel 5.72. Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-209).....	81
Tabel 5.73. Spesifikasi Tangki Air Hidran (ST-210).....	81
Tabel 5.74. Spesifikasi Tangki Air Domestik (ST-211).....	82
Tabel 5.75. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-220).....	82
Tabel 5.76. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-301).....	83
Tabel 5.77. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-302).....	83
Tabel 5.78. Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-301).....	84
Tabel 5.79. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara Tekan (BL-401).....	84
Tabel 5.80. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CY-401).....	85
Tabel 5.81. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara Tekan (BL-402).....	85
Tabel 5.82. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-401).....	85
Tabel 5.83. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara Tekan (BL-403).....	86
Tabel 5.84. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-401).....	86
Tabel 5.85. Spesifikasi <i>Blower</i> Udara Tekan (BL-404).....	86
Tabel 5.86. Spesifikasi <i>Generator</i> (GS-501).....	87
Tabel 5.87. Spesifikasi Tangki BBM (ST-501).....	87
Tabel 5.88. Spesifikasi <i>Jet Ejector</i> (JE-101).....	88
Tabel 5.89. Spesifikasi <i>Jet Ejector</i> (JE-102).....	88
Tabel 5.90. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-104).....	88
Tabel 5.91. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-105).....	89

Tabel 5.92. Spesifikasi <i>Hotwell</i> (HW-101).....	89
Tabel 5.93. Spesifikasi <i>Hotwell</i> (HW-102).....	90
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Umum.....	92
Tabel 6.2. Peralatan yang membutuhkan <i>steam</i>	93
Tabel 6.3. Peralatan yang membutuhkan <i>cooling water</i>	94
Tabel 6.4. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.....	106
Tabel 6.5. Pengendalian Variabel Utama Proses	107
Tabel 7.1. <i>Perincian Luas Area Pabrik Stirena</i>	116
Tabel 8.1. <i>Project Master Schedule of Stirena Plant</i>	120
Tabel 8.2. Jadwal Kerja Regu <i>Shift</i>	136
Tabel 8.3. Perincian Tingkat Pendidikan	136
Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	138
Tabel 8.5. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas.....	138
Tabel 8.6. Penggolongan Tenaga Kerja	139
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	148
Tabel 9.2. Perincian Total <i>Production Cost</i>	150
Tabel 9.3. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	153

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1.1. Data Impor Stirena di Indonesia.....	5
Gambar 4.1.1. Neraca Massa <i>Mixing Point</i> (MP-101).....	23
Gambar 4.1.2. Neraca Massa <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	24
Gambar 4.1.3. Neraca Massa <i>Mixing Point</i> (MP-102).....	25
Gambar 4.1.4. Neraca Massa Reaktor (RE-101).....	25
Gambar 4.1.5. Neraca Massa Reaktor (RE-102).....	26
Gambar 4.1.6. Neraca Massa <i>Flash Drum</i> (FD-101).....	27
Gambar 4.1.7. Neraca Massa <i>Decanter</i> (DE-101).....	28
Gambar 4.1.8. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-101).....	29
Gambar 4.1.9. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-102).....	29
Gambar 4.2.1. Neraca Energi <i>Mixing Point</i> (MP-101).....	31
Gambar 4.2.2. Neraca Energi <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	32
Gambar 4.2.3. Neraca Energi <i>Heat Exchanger</i> (HE-101).....	33
Gambar 4.2.4. Neraca Energi <i>Mixing Point</i> (MP-102).....	33
Gambar 4.2.5. Neraca Energi Reaktor (RE-101).....	34
Gambar 4.2.6. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-102).....	35
Gambar 4.2.7. Neraca Energi Kompresor (CP-101).....	35
Gambar 4.2.8. Neraca Energi Reaktor (RE-102).....	36
Gambar 4.2.9. Neraca Energi <i>Waste Heat Boiler</i> (WHB-101).....	37

Gambar 4.2.10. Neraca Energi <i>Economizer</i> (WHB-102).....	37
Gambar 4.2.11. Neraca Energi <i>Partial Condenser</i> (CD-101).....	38
Gambar 4.2.12. Neraca Energi <i>Flash Drum</i> (FD-101)	39
Gambar 4.2.13. Neraca Energi <i>Decanter</i> (DE-101)	39
Gambar 4.2.14. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-103).....	40
Gambar 4.2.15. Neraca Energi Menara Distilasi (MD-101).....	41
Gambar 4.2.16. Neraca Energi Menara Distilasi (MD-102).....	42
Gambar 7.1. Peta Lokasi Pembangunan Pabrik Stirena	111
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik.....	117
Gambar 8.1. Bagan Struktur Organisasi	124
Gambar 9.1. Grafik Analisa Ekonomi	152
Gambar 9.2. Kurva <i>Cumulative Cash Flow</i> Terhadap Umur Pabrik	153

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu faktor kelancaran proses industrialisasi di Indonesia ialah dengan memenuhi kebutuhan akan berbagai bahan kimia penunjang. Bahan tersebut dapat berupa bahan baku, bahan setengah jadi maupun bahan pembantu untuk industri. Salah satu sektor industri yang sangat berperan penting ialah sektor industri kimia polimer, misalnya industri stirena. Pada mulanya, stirena tidak memiliki nilai komersial yang besar, hingga ketika Perang Dunia II terjadi, Amerika Serikat memulai proyek besar untuk menciptakan karet sintetis. Sejak saat itu, stirena telah berubah menjadi bahan kimia yang sangat penting yang digunakan untuk membuat banyak produk, bukan hanya sebagai karet sintetis (Miller et al., 1994).

Stirena terdiri dari Cincin benzena (C_6H_6) dan *gugus vinyl* (C_2H_3) membentuk struktur kimia senyawa ini. Cincin benzena yang merupakan senyawa aromatik sebab adanya ikatan rangkap bergantian. Di sisi lain, gugus *vinyl* memiliki ikatan rangkap karbon-karbon, yang membuat stirena mudah berpolimerasi (Faessler et al., 2005). Stirena memiliki banyak manfaat dalam banyak industri, terutama sebagai bahan baku untuk pembuatan polimer. Polistirena (PS) adalah salah satu produk paling terkenal yang dihasilkan dari polimerisasi stirena. Polistirena adalah plastik yang banyak digunakan dalam berbagai barang sehari-hari, seperti wadah plastik, mainan untuk anak-anak, kemasan makanan, dan barang rumah tangga lainnya. Stirena tidak hanya digunakan untuk membuat polistirena, tetapi juga digunakan untuk membuat elastomer stirena-butadiena (SBR), yang digunakan dalam industri karet, serta komposit dan plastik rekayasa lainnya (Hindarso et al., 2026). Selain itu, stirena juga digunakan untuk membuat plastik yang tahan

terhadap suhu tinggi, seperti polistirena tahan panas (HIPS), yang sangat populer di industri otomotif dan elektronik (Febriasta et al., 2025).

Dengan berkembangnya industri kimia di Indonesia, pendirian pabrik stirena bisa menjadi langkah yang baik. Kebutuhan akan stirena sebagai bahan baku untuk industri juga akan semakin tinggi seiring dengan pertumbuhan penduduk. Selain itu, diharapkan pabrik stirena ini bisa mengurangi jumlah stirena yang diimpor dari luar negeri dan juga memberikan peluang kerja bagi masyarakat Indonesia. Hal ini akan membawa dampak positif bagi ekonomi dan sosial.

1.2. Kegunaan Produk

Kegunaan dari stirena antara lain sebagai berikut:

1. Polistirena

Digunakan dalam industri kemasan makanan, alat rumah tangga, mobil, alat elektronik, alat kesehatan dan juga peralatan laboratorium (Bose & Soloman, 2021).

2. Stirena butadiena

Digunakan dalam industri alat-alat mobil seperti ban, radiator, sabuk penggerak, dan lainnya (Hindarso et al., 2026).

3. Stirena butadiena latex

Digunakan dalam industri pelapis kertas, pelapis bawah karpet dan pelapis karet (Hassan et al., 2025).

4. *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS)

Digunakan dalam industri pipa plastik, komponen mobil, dan lainnya (Jung, 2025).

1.3. Ketersediaan Bahan baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan stirena dengan dehidrogenasi etilbenzena menggunakan etilbenzena sebagai bahan baku utama. Bahan baku etilbenzena didapatkan dengan impor dari Tiongkok khususnya Provinsi Shandong.

1.4. Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik dilakukan dengan banyak pertimbangan karena merupakan salah satu faktor kesuksesan dalam industri. Beberapa pertimbangan yaitu ketersediaan bahan baku, utilitas, listrik, tenaga kerja, pemasaran produk, transportasi, lingkungan masyarakat dan lain-lain. Lokasi perancangan pabrik stirena ini akan didirikan pada kawasan industri yang berada di Kramatwatu, Kabupaten Serang, Banten.

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pabrik stirena adalah etilbenzena yang dapat diperoleh melalui impor dari Tiongkok khususnya Provinsi Shandong.

2. Ketersediaan Utilitas

Kebutuhan air pabrik berupa air pendingin proses, air umpan boiler, sanitasi dan lain-lain diperoleh dari air Sungai Cibanten, Serang, Banten. Sedangkan kebutuhan bahan bakar untuk generator berupa IDO (*Industrial Diesel Oil*) diperoleh dari Pertamina.

3. Ketersediaan Listrik

Kebutuhan listrik dapat diperoleh dari pembangkit tenaga listrik (*generator set*) di pabrik. Jika terjadi gangguan, kebutuhan listrik pabrik dapat dipenuhi dari sumber eksternal yaitu PT PLN Banten Utara, yang berada di Kecamatan Serang, Kabupaten Serang, Provinsi Banten.

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

Produk tersebut utamanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri, tetapi juga bisa diekspor. Industri polimer dan plastik merupakan konsumen utama stirena di Indonesia.

6. Sosial Masyarakat

Pembangunan pabrik tidak mengganggu warga sekitar karena lokasi yang dipilih berada di kawasan industri. Selain itu, karena daerah tersebut merupakan area industri, maka proses pengurusan izin untuk mendirikan pabrik serta pelaksanaannya akan lebih mudah.

7. Tenaga Kerja

Area industri terletak dekat dengan kawasan Jabodetabek. Kawasan Jabodetabek memiliki banyak sekolah dan lembaga pelatihan formal maupun non-formal, sehingga memunculkan adanya kemungkinan bahwa industri dapat mempekerjakan tenaga kerja ahli dan non-ahli, yang tentunya akan berkontribusi pada penurunan angka pengangguran baik di tingkat lokal maupun nasional.

1.5. Kapasitas Perancangan Pabrik

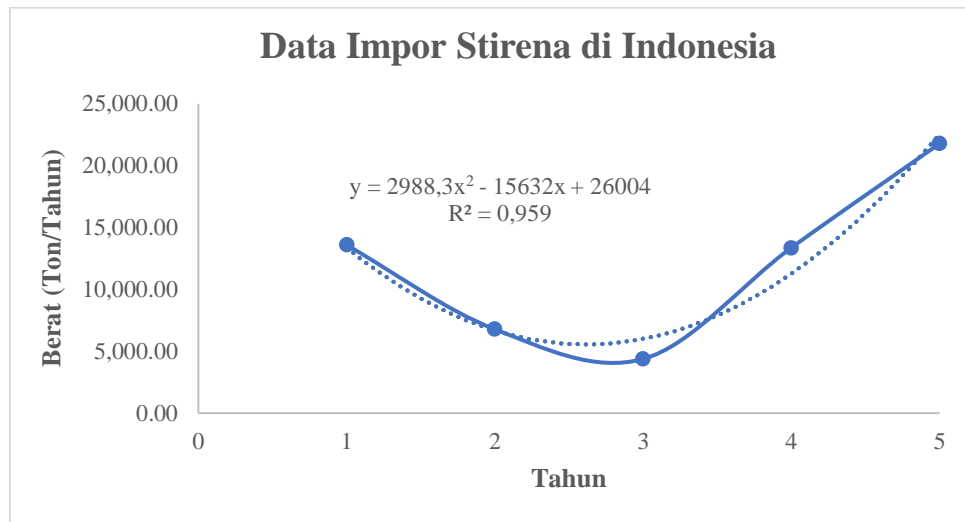
Penentuan kapasitas dari perancangan pabrik stirena didasarkan pada pertimbangan impor stirena di Indonesia. Data impor stirena di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.1. berikut.

Tabel 1.1. Data Impor Stirena di Indonesia

Tahun	Berat (Ton)
2020	13.587,64
2021	6.779,00
2022	4.377,67
2023	13.366,42
2024	21.780,93
Total	59.891,66

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025)

Data tersebut akan digunakan untuk mencari prediksi impor stirena di Indonesia pada tahun 2030 dengan menggunakan metode regresi.



Gambar 1.1. Data Impor Stirena di Indonesia

Berdasarkan grafik pada Gambar 1.1., didapatkan nilai regresi polinomial orde 2 dengan hasil sebagai berikut:

$$y = 2.988,3x^2 + 15.632x + 26.004$$

$$R^2 = 0,959$$

Di mana: y = Jumlah stirena yang diimpor (ton)

x = Tahun yang diprediksi (2030/ Tahun ke-11)

Didapatkan nilai impor stirena pada tahun 2030 di Indonesia sebesar 215.636,30 ton.

Pasar stirena di dunia pada tahun 2024 memiliki nilai evaluasi sebesar USD 60.550.000. Berdasarkan prediksi nilai pertumbuhan CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) dari 2025 hingga 2035 sebesar 6,60%, nilai evaluasinya ditaksir mencapai USD 122.230.000 pada tahun 2035. Wilayah Asia-Pasifik sedang mengalami perkembangan yang cepat di pasar stirena. Didorong oleh meningkatnya kebutuhan dari industri kemasan dan elektronik dengan pangsa pasar sekitar 25%. Negara-negara seperti Tiongkok dan India memimpin pertumbuhan ini sebab adanya tren urbanisasi dan industrialisasi yang mendukungnya. Tiongkok

adalah pasar yang paling besar, dengan sumbangan yang penting dari produsen lokal dan perusahaan-perusahaan multinasional. Hal itu berarti, Indonesia memiliki peluang besar akan impor stirena di kawasan Asia Pasifik (Market Research Future, 2026).

Berdasarkan peluang kebutuhan stirena di Indonesia dan Asia-Pasifik, prarancangan pabrik stirena dengan proses dehidrogenasi etilbenzena akan memiliki kapasitas sebesar 75.000 Ton/Tahun, dengan pertimbangan:

1. Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan dan kapasitas pabrik baru yang menguntungkan (McKetta, 1991).
2. Kapasitas produksi pabrik stirena yang sudah beroperasi di dunia berkisar 30.000 Ton/Tahun sampai 974.000 Ton/Tahun. Data pabrik stirena yang sudah berdiri dapat dilihat pada Tabel 1.2. berikut.

Tabel 1.2. Data Pabrik Stirena di Dunia

Pabrik & Lokasi	Proses	Kapasitas (Ton/Tahun)
Chevron (St. James, LA)	Dehidrogenasi	974.000
Dow (Freeport, Texas)	Dehidrogenasi	644.000
Sterling (Texas)	Dehidrogenasi	770.000
Westlake (Lake Charles, LA)	Dehidrogenasi	220.000
Lyondell (Rotterdam)	Oksidasi	640.000
CSPC (China)	Oksidasi	560.000
Jilin Chemical (China)	Dehidrogenasi	140.000
Guangzhou Petrochemical (China)	Dehidrogenasi	80.000
Lanzhou Petrochemical (China)	Dehidrogenasi	30.000
PT Chandra Asri Petrochemical (Indonesia)	Dehidrogenasi	340.000

(Sumber: CMAI, 2024)

3. Kapasitas prarancangan pabrik ini ialah 75.000 Ton/Tahun dengan rincian sebanyak 72% akan memenuhi pasar di Indonesia dan 28% akan diekspor ke negara-negara lain.

4. Kebutuhan stirena di beberapa negara khususnya Asia-Pasifik terus meningkat antara tahun 2025 hingga 2034 memberikan peluang baik untuk mendirikan pabrik stirena di Indonesia.

BAB II

PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES

2.1. Proses Pembuatan Stirena

Stirena merupakan salah satu monomer tak jenuh di bidang industri yang digunakan dalam produksi polimer, *copolymer*, tripolimer dan lainnya (Haghlesan et al., 2017). Stirena merupakan komponen organik serba guna dengan karakteristik tidak berwarna, berbau menyengat, bersifat kental, dan memiliki kecenderungan untuk berpolimerisasi (Bose & Soloman, 2021).

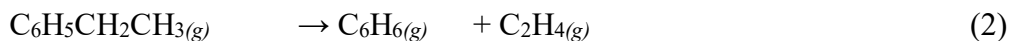
Proses pembuatan stirena dapat melalui proses berikut:

a. Pembuatan Stirena dengan Dehidrogenasi Etilbenzena

Pada produksi stirena berskala industri, sebanyak 90% proses produksi stirena di dunia menggunakan teknologi dehidrogenasi etilbenzena. Uap etilbenzena akan berubah menjadi stirena sebagai produk utama serta toluena dan benzena sebagai produk samping dengan reaksi sebagai berikut (Haghlesan et al., 2017):



Etilbenzena Stirena Hidrogen



Etilbenzena Benzena + Etilena



Etilbenzena + Hidrogen Toluena + Metana

Reaksi ini dibatasi oleh kesetimbangan, sangat endotermis, berlangsung pada reaktor *fixed bed* yang beroperasi pada kondisi isothermal atau adiabatik, dengan katalis berbasis Fe digunakan (Rossetti et al., 2005). Reaksi pembentukan stirena melalui proses ini berlangsung pada temperature reaktor 537–665°C pada tekanan 0,27– 3 atm (Sardina, 1986).

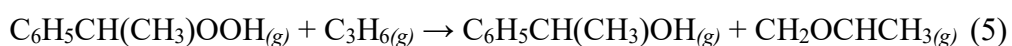
Sintesis stirena melalui proses ini merupakan reaksi yang dipengaruhi oleh kesetimbangan, cenderung lebih baik pada tekanan parsial etilbenzena yang rendah serta suhu reaksi yang tinggi. Penggunaan *superheated steam* pada skala industri dilakukan untuk mengurangi tekanan parsial dari etilbenzena. Selain itu, *steam* berperan dalam melindungi katalis dari pembentukan kokas. Rasio molar antara *superheated steam* dengan etilbenzena berkisar antara 5—18 untuk reaktor adiabatik. Konversinya berkisar pada 45,9—65,78%, dengan selektivitasnya berkisar pada 83,6—95,1% (Dimian & Bildea, 2019).

b. Pembuatan Stirena dengan Oksidasi Etilbenzena

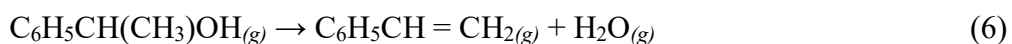
Proses ini memiliki dua jenis proses yang dikembangkan oleh Union Carbide dan Halogen International. Produk dari Union Carbide dan Halogen International ialah stirena dan propilen oksida. Tahapan reaksi oksidasi etilbenzena menjadi stirena melalui jenis proses halogen international adalah sebagai berikut (Bose & Soloman, 2021):



Etilbenzena + Oksigen Etilbenzena hidroperoksida (EBHP)

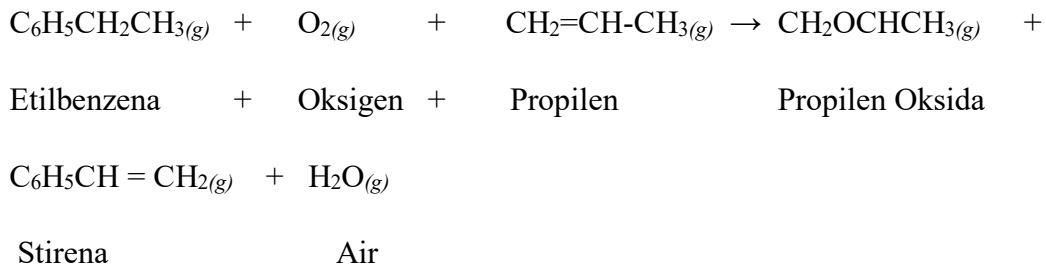


EBHP + Propilen Phenyletanol + Propilen oksida



Phenyletanol Stirena + Air

Berdasarkan reaksi (4), (5), dan (6) didapatkan reaksi :



Temperature dan tekanan pada proses oksidasi etilbenzena menjadi stirena ini membutuhkan temperature dan tekanan reaksi secara berurut ialah 250—280°C dan 8,16—15 atm. Katalis yang digunakan ialah asam asetat dan molybdenum naftenate yang menjadikan reaksi oksidasi ini bersifat korosif. Konversi dan selektivitas dari proses ini adalah 25—30% dan 70% (Kolmetz, 2024).

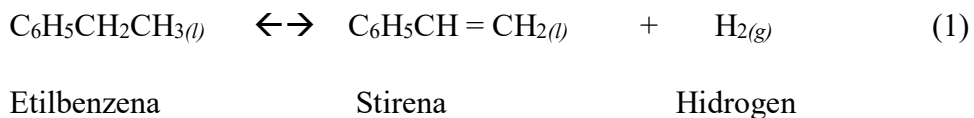
2.2. Pemilihan Proses

2.2.1. Tinjauan Termodinamika

Beberapa faktor perlu dipertimbangkan dalam pemilihan proses untuk produksi stirena. Salah satunya ialah faktor kelayakan proses yang dinilai dari pertimbangan panas reaksi dan energi bebas gibbs pembentukan. Tujuan dari penentuan panas reaksi ialah untuk mengetahui besaran energi panas yang dihasilkan atau dibutuhkan dari suatu reaksi kimaiwi. Jika suatu reaksi menghasilkan energi panas, maka reaksi tersebut dikatakan sebagai reaksi eksotermis dengan nilai entalpinya bersifat negatif. Namun, jika suatu reaksi membutuhkan energi panas maka reaksi tersebut dikatakan sebagai reaksi endotermis dengan nilai entalpinya bersifat positif.

1. Pembuatan Stirena dengan Dehidrogenasi Etilbenzena

Reaksi yang terjadi adalah:



Nilai $\Delta H^{\circ}f$, $\Delta G^{\circ}f$ serta *heat capacity* pada bahan baku utama dan produk seperti etilbenzena, stirena dan hidrogen dapat dilihat pada Tabel 2.1. dan Tabel 2.2. berikut.

Tabel 2.1. Nilai $\Delta H^{\circ}f$ dan $\Delta G^{\circ}f$ Reaktan dan Produk

Komponen	Rumus Molekul	$\Delta H^{\circ}f$ (kJ/mol)	$\Delta G^{\circ}f$ (kJ/mol)
Etilbenzena	C_8H_{10}	29,79	130,58
Stirena	C_8H_8	147,36	213,80
Hidrogen	H_2	0	0

(Sumber: Yaws, 1999)

Tabel 2.2. Konstanta Heat Capacities (Cp)

Komponen	A	B (10^{-2})	C (10^{-4})	D (10^{-7})	E (10^{-10})
Etilbenzena	-20,53	596	-3,09	35,6	12,4
Stirena	71,20	5,48	6,48	-6,99	2,12
Hidrogen	25,39	2,02	-38,6	31,9	-886

(Sumber: Yaws, 1999)

ΔH_r reaksi dehidrogenasi etilbenzena:

$$\Delta H_R = \Delta H_f + R \int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT \quad (7)$$

$$\Delta G_R = \Delta H_f + \left(\frac{T}{T_0}\right) (\Delta H_f - \Delta G_f) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T} \quad (8)$$



Etilbenzena Stirena Hidrogen

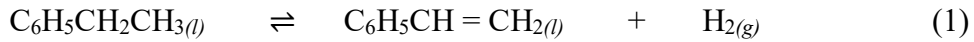
$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_{298(\text{dehidrogenasi})} &= \sum \Delta H^{\circ}f \text{ produk} - \sum \Delta H^{\circ}f \text{ reaktan} \\ &= (\Delta H^{\circ}f C_6H_5CH=CH_2 + \Delta H^{\circ}f H_2) - \Delta H^{\circ}f C_6H_5CH_2CH_3 \\ &= (147,36 + 0) - 29,92 \\ &= 117,44 \text{ kJ/mol} \quad (\text{endotermis}) \end{aligned}$$

$$\Delta H^{\circ}_r(\text{dehidrogenasi}) = 117,44 \text{ kJ/mol} + 10,33 \text{ kJ/mol}$$

$$= 127,77 \text{ kJ/mol} \quad (\text{endotermis})$$

Reaksi dehidrogenasi etilbenzena merupakan reaksi endotermis, disebabkan nilai ΔH reaksinya positif yang berarti reaksi membutuhkan panas.

Setelah entalpi diketahui, kemudian menghitung nilai Gibbs. ΔG reaksi dehidrogenasi etilbenzena:



Etilbenzena Stirena Hidrogen

$$\begin{aligned} \Delta G^{\circ}_{298(\text{dehidrogenasi})} &= \sum \Delta G^{\circ}f \text{ produk} - \sum \Delta G^{\circ}f \text{ reaktan} \\ &= (213,80 + 0) - (130,58) = 83,22 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta G^{\circ}r \text{ (dehidrogenasi)} = 88,94 \text{ kJ/mol}$$

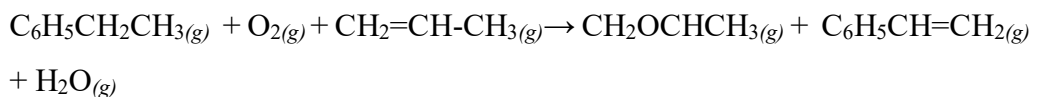
Nilai untuk energi Gibbs pada proses dehidrogenasi bernilai positif yang artinya reaksi berlangsung secara tidak spontan, sehingga diperlukan adanya penggunaan katalis berupa Fe_2O_3 dan suhu reaksi yang tinggi agar reaksi dapat terjadi.

2. Pembuatan Stirena dengan Oksidasi Etilbenzena

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Dari persamaan (4), (5), dan (6) didapatkan reaksi :



Tabel 2.3. berikut berisikan data nilai $\Delta H^{\circ}f$, ΔG° serta *heat capacity* pada bahan baku dan produk pada proses oksidasi etilbenzena.

Tabel 2.3. Nilai $\Delta H^{\circ}f$ dan $\Delta G^{\circ}f$ Reaktan dan Produk

Komponen	Rumus Molekul	$\Delta H^{\circ}f$ (kJ/mol)	$\Delta G^{\circ}f$ (kJ/mol)
Etilbenzena	C_8H_{10}	29,79	130,58
Stirena	C_8H_8	147,36	213,80
Air	H_2O	-241,8	-226,6
Oksigen	O_2	0	0
EBHP	$C_8H_{10}O_2$	-256,37	112,93
Propilen	C_3H_6	19,71	62,21
Propilen oksida	C_3H_6O	-75,06	-25,77
Phenylethanol	$C_8H_{10}O$	-121,00	-2,85

(Sumber: Perry et al., 1997)

Tabel 2.4. Konstanta *Heat Capacities* (C_p)

Komponen	A	B (10^{-2})	C (10^{-4})	D (10^{-7})	E (10^{-10})
Etilbenzena	-20,53	0,0596	-3,09	0,36	0,12
Stirena	71,20	5,48	6,48	-6,99	2,12
Oksigen	29,526	-0,899	38,08	-0,33	0,09
EBHP	-	-	-	-	-
Propilen	1,637	22,706	-6,915	-	-
Propilen oksida	29,501	9,254	2,562	-2,99	0,90
Phenylethanol	-41,581	7,7	-6,03	2,49	-0,46
Air	33,933	-0,84	0,29	-0,18	0,037

(Sumber: Yaws, 1999)

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

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

ΔH_r reaksi oksidasi etilbenzena:

$$\Delta HR = \Delta Hf + R \int_{T_0}^T \frac{C_p}{R} dT \quad (7)$$

$$\Delta GR = \Delta Hf + \left(\frac{T}{T_0}\right) (\Delta Hf - \Delta Gf) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} \frac{dT}{T} \quad (8)$$



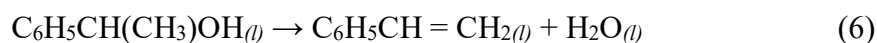
Etilbenzena + Oksigen EBHP

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{1(298)} &= \sum \Delta H^\circ f \text{ produk} - \sum \Delta H^\circ f \text{ reaktan} \\ &= (-256,37) - (29,92 + 0) \\ &= -286,29 \text{ kJ/mol} \quad (\text{eksotermis}) \end{aligned}$$



EBHP + Propilen Phenylethanol + Propilen oksida

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{5(298)} &= \sum \Delta H^\circ f \text{ produk} - \sum \Delta H^\circ f \text{ reaktan} \\ &= (-121 - 75,06) - (-256,37 + 19,71) \\ &= 40,60 \text{ kJ/mol} \quad (\text{endotermis}) \end{aligned}$$



Phenylethanol Stirena + Air

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{6(298)} &= \sum \Delta H^\circ f \text{ produk} - \sum \Delta H^\circ f \text{ reaktan} \\ &= (147,36 + -241,8) - (-121,00) \\ &= 26,56 \text{ kJ/mol} \quad (\text{endotermis}) \end{aligned}$$

$$\Delta H^\circ_{298} = \Delta H^\circ_{4(298)} + \Delta H^\circ_{5(298)} + \Delta H^\circ_{6(298)}$$

$$\Delta H^\circ_{298} = -219,13 \text{ kJ/mol} \quad (\text{eksotermis})$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_r &= -219,13 \text{ kJ/mol} + 936.679,05 \text{ kJ/mol} \\ &= 936.459,9 \text{ kJ/mol} \quad (\text{endotermis}) \end{aligned}$$

Reaksi oksidasi etilbenzena merupakan reaksi endotermis, disebabkan nilai ΔH reaksinya positif yang berarti reaksi membutuhkan panas.

Setelah entalpi diketahui, kemudian menghitung nilai Gibbs. ΔG reaksi dehidrogenasi etilbenzena:

ΔG reaksi oksidasi etilbenzena:

$$\Delta G_{4(298)}^{\circ} = -17,65 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_{5(298)}^{\circ} = -203,76 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_{6(298)}^{\circ} = -9,85 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_{298}^{\circ} = \Delta G_{i298}^{\circ} + \Delta G_{ii(298)}^{\circ} + \Delta G_{iii(298)}^{\circ}$$

$$\Delta G_{298}^{\circ} = -231,26 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^{\circ r} = -151.768,60 \text{ kJ/mol}$$

Nilai untuk energi Gibbs pada proses oksidasi bernilai negatif yang artinya reaksi berlangsung secara spontan.

Proses pembuatan stirena dapat dilakukan dengan dehidrogenasi etilbenzena dan oksidasi etilbenzena. Perbandingan kedua proses disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Perbandingan Proses dalam Produksi Stirena

Parameter	Dehidrogenasi Etilbenzena	Oksidasi Etilbenzena
Suhu reaksi	537—665°C	250 – 280 °C
Tekanan	0,27–3 atm	8,16 – 15 atm
Konversi	45—66%	25—30%
Selektivitas	84—97%	70%

Katalis yang digunakan	Fe ₂ O ₃	Molybdenum naftenate, asam asetat
Langkah Proses	Dehidrogenasi etilbenzena secara langsung	Mengoksidasi etilbenzena menjadi etilbenzen hidroperoksida, lalu epoksidasi dari etilbenzena hidroperoksida dengan propilen untuk membentuk phenylethanol dan propilen oksida, terakhir adalah mendehidrasi senyawa phenylethanol menjadi stirena
Reaktan	Etil benzena	Etil benzena dan Oksigen
Reaksi	1 Tahap	3 Tahap
Kelebihan	Tekanan rendah, Konversi lebih tinggi, Selektivitas tinggi, sering digunakan industri	Suhu reaksi rendah
Kekurangan	Suhu reaksi tinggi, adanya reaksi samping	Tekanan tinggi, konversi lebih rendah, selektivitas rendah serta kebutuhan bahan pembantu yang lebih banyak (propilen, oksigen, katalis)

2.3. Uraian Proses

Pada perancangan pabrik stirena dibagi menjadi beberapa tahap yaitu sebagai berikut.

2.3.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Persiapan bahan baku harus selalu diperhatikan dalam suatu pabrik, tujuannya untuk menyiapkan bahan baku terhadap kondisi operasi yang diinginkan. Tahap persiapan bahan baku bertujuan untuk mengubah fase etilbenzena dari cair menjadi gas dan menyesuaikan suhu serta tekanan etilbenzena agar sesuai dengan suhu dan tekanan reaksi. Bahan baku etilbenzena cair disimpan di dalam tangki penyimpan

(ST-101) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Etilbenzena dari tangki penyimpanan dialirkan dengan pompa ke *mixing point* (MP-101) untuk dicampurkan dengan aliran *recycle* dari MD-102 yang berisikan etilbenzena, stirena dan toluena serta aliran *blowdown* dari VP-101. Proses pencampuran ini akan menaikkan suhu etilbenzena menjadi $69,90^{\circ}\text{C}$. Kemudian, aliran akan diuapkan di dalam *vaporizer* (VP-101) dengan menggunakan fluida pemanas berupa *saturated steam*. Sebanyak 80% aliran umpan masuk ke VP-101 akan teruapkan, dan 20% lainnya akan di-*blowdown*. Aliran umpan dari VP-101 bersuhu 172°C akan dipanaskan kembali di dalam *heat exchanger* (HE-101) untuk pemanasan dengan menggunakan aliran produk keluaran reaktor (RE-102) sebagai fluida pemanas hingga suhu 500°C tercapai. Selanjutnya, aliran umpan akan memasuki *mixing point* (MP-102) untuk mencampurkannya dengan *superheated steam* bersuhu $711,21^{\circ}\text{C}$ dengan umpan yang mengandung etilbenzena, stirena dan toluena. Aliran keluaran dari MP-102 bersuhu $628,20^{\circ}\text{C}$ dan bertekanan 1,98 atm akan memasuki reaktor (RE-101) untuk proses dehidrogenasi.

2.3.2. Tahap Pembentukan Produk

Aliran berisi bahan baku etilbenzena dan *steam* yang tekanan dan suhunya sudah disesuaikan dengan kondisi operasinya diumpankan ke reaktor. Reaksi terjadi di dalam reaktor non-isotermal adiabatik (RE-101). Produk keluar dari reaktor berada pada suhu $547,31^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan 1,61 atm. Aliran berisikan produk dan reaktan selanjutnya akan memasuki *heater* (HE-102) untuk memanaskan kembali hingga suhu $588,50^{\circ}\text{C}$, kemudian memasuki kompresor (CP-101) untuk menaikkan tekanan hingga tekanan 1,87 atm dan suhu $628,01^{\circ}\text{C}$ tercapai. Kemudian, aliran akan memasuki reaktor kedua (RE-102) yang beroperasi secara non-isotermal adiabatik. Aliran keluar dari RE-102 bersuhu $614,84^{\circ}\text{C}$ yang mengandung sisa reaktan yang tidak terkonversi dan produk selanjutnya akan memasuki *heat exchanger* (HE-101), *Waste Heat Boiler* (WHB-101), dan *Economizer* (WHB-102) guna memanfaatkan panas dari aliran sebelum memasuki *partial condensor* (CD-101) untuk mengkondensasikan aliran.

2.3.3. Tahap Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan stirena dari campuran gas produk dengan mengalirkannya ke *flash drum* (FD-101). Aliran berisi etilbenzena, stirena, toluena, metana dan H₂O yang suhunya telah mencapai 65°C selanjutnya dipisahkan di dalam FD-101. Produk cairan dari FD-101 berisikan stirena, toluena, etilbenzena dan air selanjutnya akan memasuki *decanter* (DE-101) untuk proses pemisahan air dari aliran. Kemudian, aliran berisi komponen cair yang terdiri dari stirena, etilbenzena, dan toluena akan dipisahkan kembali di menara distilasi (MD-101). Hasil produk atas menara distilasi pertama yaitu toluena, sedangkan produk bawah MD-101 berisi stirena dan etilbenzena akan diumpankan kembali ke menara distilasi kedua (MD-102) untuk memisahkan antara etilbenzena dan stirena. Hasil produk atas MD-102 adalah etilbenzena dan hasil produk bawah MD-102 adalah stirena dengan kemurnian 99,99%.

2.3.4. Tahap Penyimpanan Produk

Produk utama berupa stirena kemudian dialirkan ke Tangki Penyimpanan stirena (ST-102). Produk samping berupa toluena dialirkan ke Tangki Penyimpanan toluena (ST-103). Etilbenzena hasil proses distilasi akan di-*recycle*. Semua produk berada pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, untuk selanjutnya akan dikemas dan siap untuk di perjualbelikan.

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Spesifikasi Bahan Baku

3.1.1. Etilbenzena

Nama lain	: <i>Ethylbenzol, Phenylethane</i>
Rumus Molekul	: C_8H_{10}
Wujud	: Cair
Kenampakan	: Tidak Berwarna (Bening)
Bau	: Khas aromatik
Tekanan Uap	: 9,6 mmHg pada 25°C
Titik Didih	: 136,1°C
Titik Leleh	: -94,5°C
Berat Jenis	: 0,87 g/ml pada 25°C
Viskositas	: 0,63 cP (Roth, 2025a)

3.1.2. *Iron (III) Oxide* (Fe_2O_3)

Nama lain	: Ferioksida, <i>Ferric Oxide Red</i>
Rumus Molekul	: Fe_2O_3
Wujud	: Padat
Kenampakan	: Kuning

Bentuk	: <i>Spherical</i>	
Tekanan Uap	: 1 mmHg pada 20°C	
Titik Beku	: 1.565°C	
<i>Bulk Density</i>	: 1.375 kg/m ³	
<i>Particle density</i>	: 2.500 kg/m ³	
Diameter partikel	: 0,005 m	
<i>Porosity</i>	: 0,45	(Ossila, 2024)

3.2. Spesifikasi Produk Utama

3.2.1. Stirena

Nama lain	: <i>Styrene</i>	
Rumus Molekul	: C ₈ H ₈	
Wujud	: Cair	
Bau	: Agak manis	
Densitas	: 0,89 gram/ml	
Tekanan Uap	: 4,55 mmHg pada 20°C	
Titik Didih	: 145°C	
Titik Leleh	: -30,63°C	
Viskositas	: 0,763 cP	(Roth, 2025b)

3.3. Spesifikasi Produk Samping

3.3.1. Toluena

Nama lain	: <i>Methylbenzene, Phenylmethane, Toluol</i>
Rumus Molekul	: C ₇ H ₈

Wujud	: Cair	
Berat Molekul	: 92,14 gr/mol	
Tekanan Uap	: 28,4 mmHg	
Titik Didih	: 110°C	
Titik Beku	: -95°C	
Viskositas	: 0,59 cP	(Roth, 2025c)

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Stirena dari Etilbenzena dengan kapasitas 75.000 ton/tahun dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. *Percent Return on Investment (ROI)* sesudah pajak adalah 22,92%.
2. *Pay Out Time (POT)* sesudah pajak adalah 2,73 tahun
3. *Break Even Point (BEP)* sebesar 36%
4. *Shut Down Point (SDP)* sebesar 29,65%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
5. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF)* sebesar 23%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

Sehingga, dari analisis kelayakan tersebut, pabrik stirena layak untuk didirikan.

10.2. Saran

Berdasarkan dari pertimbangan hasil analisis ekonomi, maka dapat diberikan saran bahwa prarancangan pabrik Stirena dari Etilbenzena dengan kapasitas 75.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Institute. (2020). *API Standard 650: Welded tanks for oil storage*. Washington, DC: API.
- Badan Pusat Statistik. (2025). Statistic Indonesia, www.bps.go.id, Indonesia
- Branan, C. R. (2002). *Rules of thumb for chemical engineers: A manual of quick, accurate solutions to everyday process engineering problems (4th ed.)*. Burlington, MA: Elsevier.
- Bose, K., & Soloman, P. A. (2021). Dynamic simulation of manufacture of styrene by the catalytic dehydrogenation of ethyl benzene. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1114(1), 012095. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1114/1/012095>
- Brown, G. George. (1950). *Unit Operation 6th ed.* Wiley & Sons, USA.
- Brownell, L. E., & Young, E.H. (1959). *Process Equipment Design (3rd ed.)*. John Wiley & Sons, New York.
- Chemical Market Associates, Inc. (2025). *Petrochemical market analysis and industry outlook*. Retrieved from <https://www.cmai.com>
- Coulson, J.M. and Ricardson, J.F. (2005). *Chemical Engineering vol 6*. Pergamon Press Inc, New York.
- Dimian, A. C., & Bildea, C. S. (2019). Energy Efficient Styrene Process: Design and Plantwide Control [Research-article]. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 58(12), 4890–4905. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.8b05560>

- Dittmeyer, R., Höllelin, V., Quicker, P., Emig, G., Hausinger, G., & Schmidt, F. (1999). Factors controlling the performance of catalytic dehydrogenation of ethylbenzene in palladium composite membrane reactors. *Chemical Engineering Science*, 54, 1431–1439.
- Faessler, P. W., Sloley, A. W., & Zygula, T. M. (2005). *Design Guidelines for Distillation Columns in Ethyl-benzene and Styrene Monomer Service*.
- Febriasta, G., Putra, B., Rizkia, V., & Risfi, P. (2025). Analisis Alternatif Material ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) Menggunakan Metode FMEA pada Komponen Shutter Support Kipas Angin PT . XYZ. 1256–1265.
- Felder, R. M., & Rousseau, R. W. (2005). *Elementary principles of chemical processes (3rd ed.)*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Fogler, H. S. (2016). *Elements of Chemical Reaction Engineering*. Prentice Hall International Inc, New Jersey.
- Geankoplis, Christie. J. (1993). *Transport Processes and unit Operation (3rd ed.)*. Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Haghlesan, A. N., Alizadeh, R., & Fatehifar, E. (2017). Evaluation of Spent Catalyst Structure Changes during Ethylbenzene Dehydrogenation in Different Technologies. *Iran. J. Chem. Chem. ENg*, 36(1), 45–57.
- Hassan, W., Mujtaba, H., Alshameri, B., Farooq, K., & Aamir, T. (2025). Sustainable remediation : The role of styrene-butadiene rubber latex and chem-lite CR powder in stabilizing dispersive clay. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 17(12), 8131–8148.

<https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2025.06.036>

Himmeblau, David. (1996). *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*. Prentice Hall Inc, New Jersey.

Hindarso, H., Ayucitra, A., Gunarto, C., Puspitasari, N., Dewi, R. S., & Budi, G. S. (2026). Modifikasi Aspal Konvensional Penetrasi 60/70 Menggunakan Polimer Limbah Plastik Polipropilena (PP) Menjadi Produk Aspal Modifikasi Plastik. *Widya Teknik*, 25(1).

Jung, S. M. (2025). Recent Progress in Sustainable Recycling of Waste Acrylonitrile – Butadiene – Styrene (ABS) Plastics. *Sustainability (Switzerland)*, 17, 1–24. <https://doi.org/10.3390/su17198742>

Kern, D.Q. (1983). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Company, New York.

Kolmetz, K. (2024). *Kolmetz HandBook Of Process Equipment Design*.

McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (2005). *Unit operations of chemical engineering* (7th ed.). McGraw-Hill.

McKetta, J. J. (1991). *Encyclopedia of Chemical Processing and Design* (1st ed.). CRC Press Taylor & Francis Gorup.

Megyesy, E. F. (2004). *Pressure vessel handbook* (13th ed.). Tulsa, OK: Pressure Vessel Publishing.

Miller, R. R., Newhook, R., & Poole, A. (1994). Styrene production, use, and human exposure. *Critical Reviews in Toxicology*, 24(s1), 1–10. <https://doi.org/10.3109/10408449409020137>

Ossila. (2024). *Safety Data Sheet* (Vol. 2006).

- Perry, S., Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1997). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (D. W. Green (ed.); Seventh). McGraw-Hill Education.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Rase, H. F. (1977). *Chemical reactor design for process plants: Volume 1* (1st ed.). New York, NY: Wiley.
- Rossetti, I., Bencini, E., Trentini, L., & Forni, L. (2005). *Study of the deactivation of a commercial catalyst for ethylbenzene dehydrogenation to styrene*. 292, 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2005.05.046>
- Roth, C. (2025a). *Safety Data Sheet of Ethylbenzene*. 2006(1907), 1–18.
- Roth, C. (2025b). *Safety Data Sheet of Styrene* (Vol. 2006, Issue 1907).
- Roth, C. (2025c). *Safety Data Sheet of Toluene*. 2006(1907), 1–19.
- Sardina, H. H. (1986). *US Patent* (4628136).
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbot, M. M., & Swihart, M. T. (2018). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics* (8th ed.). McGraw-Hill Inc, New York.
- Towler, G., & Sinnott, R. (2013). *Chemical engineering design: Principles, Practice And Economics Of Plant And Process Design* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Treyball, R. E. (1983). *Mass Transfer Operation* (3rd ed.). McGraw-Hill Book Company, New York.
- Ulrich, G. D. (1984). *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.

Wallas, S.M. (1988). *Chemical Process Equipment*. Butterworth Publishers,
Stoneham USA.

Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. McGraw-Hill Education.