

**PRA RANCANG PABRIK *STYRENE MONOMER* MENGGUNAKAN
METODE DEHIDROGENASI KATALITIK LUMMUS/UOP CLASSIC
DENGAN KAPASITAS 130.000 TON PER TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar
Skripsi pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri,
Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro**

Disusun Oleh:

Nadia Khaliza Putri

40040122650056

Nur Ilma Awliya

40040122650064

**PRODI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
SEMARANG**

2026



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

Jalan Gubernur Mochtar
Kampus Universitas Diponegoro
Tembalang Semarang Kode Pos 50275
Telepon/Faksimile (024) 7471379
Laman: vokasi@liveundip.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RANCANG PABRIK *STYRENE MONOMER* MENGGUNAKAN METODE
DEHIDROGENASI KATALITIK LUMMUS/UOP CLASSIC DENGAN KAPASITAS
130.000 TON PER TAHUN**

TUGAS AKHIR

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir dan Seminar
Tugas Akhir pada Program Studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah
Vokasi,
Universitas Diponegoro**

Disusun Oleh :

NADIA KHALIZA PUTRI

NIM. 40040122650056

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir

Semarang, 22 Juni 2026

Dosen Pembimbing

Sri Risdhiyanti Nuswantari S.Tr.T., M.T.

NIP. 199711102024062001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Nadia Khaliza Putri

NIM : 40040122650056

Judul Tugas Akhir : Pra Rancang Pabrik Styrene Monomer Menggunakan Metode Dehidrogenasi Katalitik LUMMUS/UOP Classic dengan Kapasitas 130.000 Ton per Tahun

Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/ STr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya Nadia Khaliza Putri dan Nur Ilma Awliya didampingi dosen pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/ plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa ada paksaan dari siapapun.

Semarang, 22 Juni 2026



Nadia Khaliza Putri

NIM. 40040122650056

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat selama ini sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir (Skripsi) dengan Judul **“Pra Rancang Pabrik Styrene Monomer Menggunakan Metode Dehidrogenasi Katalitik LUMMUS/UOP Classic dengan Kapasitas 130.000 Ton per Tahun”**. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Keluarga yang tidak henti-hentinya selalu memberikan doa dan motivasi untuk senantiasa bersemangat dan tidak menyerah untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Dr. M. Endy Yulianto, S.T.,M.T, selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Rekayasa Kimia Industri yang selalu memberikan dorongan dan motivasi kepada mahasiswa.
3. Sri Risdhiyanti Nuswantari, S.Tr.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang membimbing dan mengarahkan sehingga penulis dapat lebih memahami dan mengerti tentang banyak hal yang ada di Teknik kimia serta dapat menyelesaikan skripsi dengan baik dan benar.
4. Dr. M. Endy Yulianto, S.T.,M.T, selaku Dosen Wali yang telah memberikan semangat dan doa kepada penyusun.
5. Seluruh Dosen Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
6. Nur Ilma Awliya selaku partner skripsi, yang senantiasa berjuang dan memberikan semangat dan dukungan satu sama lain sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan lancar tanpa adanya suatu kendala yang berarti.
7. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini. Semoga segala bantuan yang telah diberikan, diberi balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu penyusun mengarapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga dapat bermanfaat bagi penyusun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Semarang, 22 Juni 2026

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
INTISARI.....	xii
<i>SUMMARY</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	3
1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Pasar <i>Styrene</i> di Indonesia.....	3
1.2.2 Kapasitas yang digunakan.....	7
1.2.3 Kapasitas Minimum Pabrik Sejenis.....	8
1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku.....	10
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik.....	12
1.3.1 UMK.....	15
1.3.2 Harga Tanah.....	15
1.3.3 Listrik.....	15
1.3.4 Kebijakan Pemerintah.....	16
1.3.5 Tenaga Kerja.....	16
1.3.6 Pemasaran.....	16
1.3.7 Transportasi.....	17
1.3.8 Utilitas (Air).....	18
1.3.9 Pengolahan Limbah.....	18

1.3.10 Ketersediaan Bahan Baku	18
1.4 Tinjauan Proses	18
1.4.1 Pemilihan Proses	18
1.4.2 Kegunaan Produk	21
BAB II DESKRIPSI PROSES	22
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	22
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama	22
2.1.2 Spesifikasi Bahan Tambahan	23
2.1.3 Spesifikasi Produk.....	24
2.2 Konsep Proses	27
2.2.1 Dasar Reaksi.....	27
2.2.2 Mekanisme Reaksi	28
2.2.3 Kondisi Operasi.....	28
2.2.4 Tinjauan Termodinamika	29
2.2.5 Tinjauan Kinetika.....	33
2.3 Langkah Proses	34
2.3.1 Langkah Proses	34
2.3.2 <i>Process Flow Diagram</i>	38
2.4 Neraca Massa dan Neraca Panas	39
2.4.1 Neraca Massa	39
2.4.2 Neraca Panas	46
2.5 Tata Letak Pabrik dan Peralatan.....	51
2.5.1 Tata Letak Pabrik	51
2.5.2 Tata Letak Peralatan.....	54
BAB III SPESIFIKASI ALAT	57
3.1 Unit Penyimpanan	57

3.2 Unit Pemindah.....	58
3.3 Unit Penukar Panas	59
3.4 Unit Pereaksi	61
3.5 Unit Pemisah	62
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES	65
4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air.....	65
4.1.1 Fungsi Air.....	65
4.1.2 Kebutuhan Air	71
4.2 Unit Pengadaan Tenaga Listrik	73
4.3 Unit Pengadaan Steam	78
4.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	81
4.5 Unit Pengadaan Udara Tekan.....	82
4.6 Unit Laboratorium.....	83
4.7 Unit Pengolahan Limbah.....	85
4.8 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup.....	87
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN.....	95
5.1 Bentuk Perusahaan	95
5.2 Struktur Organisasi dan Deskripsi Tugas.....	96
5.3 Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan.....	102
5.4 Kesejahteraan Karyawan.....	107
5.5 Corporate Social Responsibility (CSR).....	109
BAB VI TROUBLESHOOTING	111
BAB VII ANALISA EKONOMI.....	130
7.1 Penaksiran Harga Peralatan.....	130
7.2 Dasar Perhitungan	133
7.2.1 Kapasitas Produksi	133
7.2.2 Kebutuhan Bahan Baku dan Produk	133

7.3 Perhitungan Biaya	134
7.3.1 <i>Capital Invesment</i>	134
7.3.2 <i>Manufacturing Cost</i>	140
7.3.3 <i>General Expense</i>	144
7.4 Analisa Kelayakan.....	146
7.4.1 <i>Profit (Keuntungan)</i>	146
7.4.2 <i>Percent Profit on Sales (POS)</i>	146
7.4.3 <i>Rate of Invesment (ROI)</i>	146
7.4.4 <i>Pay Out Time (POT)</i>	146
7.4.5 <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	147
7.4.6 <i>Break Event Point (BEP)</i>	147
7.4.7 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	148
7.5 Hasil Perhitungan	148
LAMPIRAN A NERACA MASSA	149
LAMPIRAN B NERACA PANAS.....	179
LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT	212
LAMPIRAN D ANALISA EKONOMI.....	245
DAFTAR PUSTAKA	273

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Data Ekspor <i>Styrene</i>	4
Gambar 1. 2 Grafik Data Impor <i>Styrene</i>	4
Gambar 1. 3 Grafik Data Konsumsi <i>Styrene</i>	6
Gambar 1. 4 Skema Peredaran Produk Pabrik di Pasaran.....	7
Gambar 1. 5 Daerah Lokasi Pendirian Pabrik.....	18
Gambar 2. 1 Reaksi Polimerisasi <i>Styrene</i> menjadi <i>Polystyrene</i>	25
Gambar 2. 2 Arus-arus Neraca Massa di Sekitar Mixer (M-101).....	39
Gambar 2. 3 Arus-arus Neraca Massa di Sekitar Static Mixer (SM-101).....	39
Gambar 2. 4 Arus-arus Neraca Massa di Sekitar Reaktor (R-201).....	40
Gambar 2. 5 Arus-arus Neraca Massa di Sekitar Separator Drum (SD-301)	42
Gambar 2. 6 Arus-arus Neraca Massa di Sekitar Dekanter (DC-301).....	43
Gambar 2. 7 Arus-arus Neraca Massa di Sekitar Distilasi 1 (D-301).....	43
Gambar 2. 8 Arus-arus Neraca Massa di Sekitar Distilasi 2 (D-302).....	44
Gambar 2. 9 Tata Letak Pabrik	54
Gambar 2. 10 Tata Letak Peralatan.....	56
Gambar 4. 1 Skema Pengolahan Air dari PT Sauh Bahtera Samudera.....	66
Gambar 4. 2 Alir Proses Pengolahan Udara Tekan.....	83
Gambar 5. 1 Struktur Organisasi Perusahaan.....	101
Gambar 7. 1 Grafik Chemical Engineering Plan Cost Index	132

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Ekspor dan Impor Styrene	3
Tabel 1. 2 Data Produksi Styrene.....	5
Tabel 1. 3 Data Prediksi Konsumsi Styrene.....	6
Tabel 1. 4 Data Pabrik penghasil Styrene Monomer di Indonesia.....	7
Tabel 1. 5 Kebutuhan Pabrik Styrene Monomer di Negara ASEAN.....	8
Tabel 1. 6 Kapasitas Pabrik Styrene Monomer di Dunia.....	9
Tabel 1. 7 Daftar Pabrik Produksi Ethylbenzene	10
Tabel 1. 8 Matriks Pemilihan Lokasi Pabrik Styrene Monomer.....	12
Tabel 1. 9 Pabrik Berbahan Styrene.....	17
Tabel 1. 10 Perbandingan Proses Produksi Styrene	20
Tabel 2. 1 Data Entalpi Reaksi Standar (298,15 K).....	30
Tabel 2. 2 Data Kapasitas Panas (Cp) masing-masing Komponen.....	30
Tabel 2. 3 Data Reaksi Bebas Gibbs setiap Komponen.....	32
Tabel 2. 4 Nilai Kinetika Reaksi Dehidrogenasi Ethylbenzene menjadi Styrene	34
Tabel 2. 5 Neraca Massa pada Mixer (M-101)	39
Tabel 2. 6 Neraca Massa pada Static Mixer (SM-101).....	40
Tabel 2. 7 Neraca Massa pada Reaktor (R-201)	42
Tabel 2. 8 Neraca Massa pada Separator Drum (SD-201).....	42
Tabel 2. 9 Neraca Massa pada Dekanter (DC-201)	43
Tabel 2. 10 Neraca Massa pada Distilasi 1 (D-301)	44
Tabel 2. 11 Neraca Massa pada Distilasi 2 (D-302)	44
Tabel 2. 12 Neraca Massa Total.....	44
Tabel 2. 13 Neraca Panas pada Mixer (M-101)	47
Tabel 2. 14 Neraca Panas pada Heat Exchanger (HE-101).....	47
Tabel 2. 15 Beban Panas Penguapan Umpan Ethylbenzene pada Vaporizer (V-101).....	48
Tabel 2. 16 Beban Panas Penguapan Umpan Ethylbenzene pada Vaporizer (V-101).....	48
Tabel 2. 17 Neraca Panas pada Furnace (F-101)	49
Tabel 2. 18 Neraca Panas pada Reaktor (R-201)	49
Tabel 2. 19 Neraca Panas pada Separator Drum (SD-301).....	49
Tabel 2. 20 Neraca Panas pada Dekanter (DC-301)	50
Tabel 2. 21 Neraca Panas pada Distilasi 1 (D-301)	50
Tabel 2. 22 Neraca Panas pada Distilasi 2 (D-302)	51
Tabel 2. 23 Keterangan Luas Bangunan Pabrik.....	52

Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Ethylbenzene (T-101).....	57
Tabel 3. 2 Spesifikasi Pompa Ethylbenzene (P-101).....	58
Tabel 3. 3 Spesifikasi Heat Exchanger (HE-101).....	59
Tabel 3. 4 Spesifikasi Cooler (C-201).....	60
Tabel 3. 5 Spesifikasi Reaktor (R-201).....	61
Tabel 3. 6 Spesifikasi Separator Drum (SD-301).....	62
Tabel 3. 7 Spesifikasi Dekanter (DC-301).....	63
Tabel 3. 8 Spesifikasi Distilasi 1 (D-301).....	64
Tabel 4. 1 Syarat Baku Mutu Air Pendingin.....	67
Tabel 4. 2 Syarat Mutu Air Umpan Boiler.....	68
Tabel 4. 3 Syarat Baku Mutu Air Sanitasi.....	70
Tabel 4. 4 Kebutuhan Air untuk Pendingin.....	72
Tabel 4. 5 Kebutuhan Chilled Water untuk Pendingin.....	72
Tabel 4. 6 Kebutuhan Energi untuk Proses.....	74
Tabel 4. 7 Total Daya yang Dibutuhkan untuk Utilitas.....	74
Tabel 4. 8 Kebutuhan Lumen Penerangan Pabrik.....	75
Tabel 4. 9 Jumlah Luas Ruang yang Memakai AC.....	77
Tabel 4. 10 Kebutuhan Steam dari WHB.....	79
Tabel 4. 11 Kebutuhan Steam dari Boiler.....	79
Tabel 4. 12 Kebutuhan Bahan Bakar Furnace.....	81
Tabel 4. 13 Kebutuhan Bahan Bakar Boiler Utilitas.....	82
Tabel 5. 1 Pembagian Shift Karyawan.....	103
Tabel 5. 2 Jadwal Kerja untuk Setiap Regu.....	103
Tabel 5. 3 Jabatan dan Pendidikan.....	103
Tabel 5. 4 Rincian Jumlah Karyawan dan Gaji.....	105
Tabel 6. 1 Troubleshooting Tangki Penyimpanan Ethylbenzene.....	112
Tabel 6. 2 Troubleshooting Pompa Sentrifugal.....	115
Tabel 6. 3 Troubleshooting Heat Exchanger.....	119
Tabel 6. 4 Troubleshooting Menara Distilasi.....	122
Tabel 6. 5 Troubleshooting Reaktor.....	126

INTISARI

Styrene monomer merupakan senyawa aromatik tak jenuh (C_8H_8) yang berperan sebagai bahan baku utama berbagai industri hilir, seperti *polystyrene*, karet sintetis (SBR, ABS, SBL), dan *unsaturated polyester resin* (UPR). Kebutuhan *styrene monomer* di Indonesia terus meningkat, namun pasokan domestik hingga saat ini hanya berasal dari satu produsen, yaitu PT Styrimdo Mono Indonesia (PT Chandra Asri Pacific Tbk) dengan kapasitas statis 340.000 ton per tahun. Berdasarkan proyeksi tahun 2030, peluang kapasitas pasar diperkirakan mencapai 504.184,55 ton per tahun, sehingga pendirian pabrik baru dengan kapasitas 130.000 ton per tahun dinilai strategis untuk mengurangi ketergantungan impor, mendukung industri hilir, dan meningkatkan devisa negara.

Proses produksi yang dipilih adalah dehidrogenasi katalitik *ethylbenzene* menggunakan teknologi Lummus/UOP Classic SM™. Reaksi berlangsung pada fase gas di dalam reaktor *fixed bed* adiabatik pada suhu 550°C dan tekanan 1,5 atm menggunakan katalis Shell 105 ($Fe_2O_3/Cr_2O_3/K_2CO_3$), dengan konversi *ethylbenzene* sebesar 69% dan selektivitas terhadap *styrene* sekitar 95%. Produk reaktor dimurnikan melalui kondensasi parsial, drum separator, dekanter, dan dua kolom distilasi untuk menghasilkan *styrene* dengan kemurnian 99,8%, sementara sisa *ethylbenzene* di-*recycle* kembali ke reaktor. Bahan baku *ethylbenzene* diperoleh melalui impor dari Zhejiang Petroleum & Chemical, China, dan katalis Shell 105 dari Ocean Chemicals, China.

Pabrik didirikan di Cilegon, Banten, berdasarkan analisis matriks yang mempertimbangkan infrastruktur transportasi (Pelabuhan Cigading, tol Jakarta–Merak), pasokan listrik andal dari PLTU Suralaya (3.400 MW) dan PLTGU Cilegon (740 MW), ketersediaan air dari Sungai Ciujung dan laut Jawa, serta kedekatan dengan kluster industri hilir *polystyrene* dan karet sintetis di kawasan Banten–Jabodetabek. Cilegon memperoleh skor tertinggi (39) dibandingkan alternatif Tuban (36) dan Gresik (38).

Berdasarkan analisis ekonomi, *Fixed Capital Investment* (FCI) pabrik ini sebesar US\$ 65.150.208,92 dengan keuntungan sebelum dan setelah pajak masing-masing sebesar US\$ 21.452.109,28 dan US\$ 16.089.081,96 per tahun. *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak mencapai 33,78%, *Pay Out Time* (POT) setelah pajak selama 3,46 tahun, *Break Even Point* (BEP) pada 36,57% kapasitas produksi, dan *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 14%. Berdasarkan seluruh indikator tersebut, pabrik *styrene monomer* berkapasitas 130.000 ton per tahun ini dinyatakan layak untuk didirikan dan dioperasikan.

SUMMARY

Styrene monomer is an unsaturated aromatic compound (C₈H₈) that serves as the primary raw material for various downstream industries, including polystyrene, synthetic rubber (SBR, ABS, SBL), and unsaturated polyester resin (UPR). The demand for styrene monomer in Indonesia continues to grow; however, domestic supply currently relies solely on a single producer, PT Styrimdo Mono Indonesia (PT Chandra Asri Pacific Tbk), with a static production capacity of 340,000 tons per year. Based on projections for 2030, the market capacity opportunity is estimated to reach 504,184.55 tons per year, making the establishment of a new plant with a capacity of 130,000 tons per year a strategic measure to reduce import dependency, support downstream industries, and increase foreign exchange earnings.

The selected production process is the catalytic dehydrogenation of ethylbenzene using Lummus/UOP Classic SM™ technology. The reaction takes place in the gas phase inside an adiabatic fixed bed reactor at a temperature of 550°C and a pressure of 1.5 atm, employing Shell 105 catalyst (Fe₂O₃/Cr₂O₃/K₂CO₃), achieving an ethylbenzene conversion of 69% and a styrene selectivity of approximately 95%. The reactor effluent is purified through partial condensation, a separator drum, a decanter, and two distillation columns to yield styrene at a purity of 99.8%, while the unreacted ethylbenzene is recycled back to the reactor. The ethylbenzene feedstock is imported from Zhejiang Petroleum & Chemical, China, and the Shell 105 catalyst is sourced from Ocean Chemicals, China.

The plant is to be established in Cilegon, Banten, selected through a matrix analysis that evaluated transportation infrastructure (Cigading Port, Jakarta–Merak toll road), a reliable electricity supply from PLTU Suralaya (3,400 MW) and PLTGU Cilegon (740 MW), water availability from the Ciujung River and the Java Sea, and proximity to polystyrene and synthetic rubber downstream industry clusters in the Banten–Jabodetabek region. Cilegon achieved the highest score (39) compared to the alternatives of Tuban (36) and Gresik (38).

Based on the economic analysis, the Fixed Capital Investment (FCI) of this plant amounts to US\$ 65,150,208.92, with pre-tax and post-tax profits of US\$ 21,452,109.28 and US\$ 16,089,081.96 per year, respectively. The pre-tax Return on Investment (ROI) reaches 33.78%, the post-tax Pay Out Time (POT) is 3.46 years, the Break Even Point (BEP) stands at 36.57% of production capacity, and the Internal Rate of Return (IRR) is 14%. Based on all of these indicators, the styrene monomer plant with a capacity of 130,000 tons per year is declared feasible to establish and operate.