

**PRA RANCANGAN PABRIK ETIL BENZENA DARI ETILENA DAN BENZENA
MENGUNAKAN PROSES MOBIL BADGER DENGAN KATALIS MCM-41
KAPASITAS 81.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

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

Disusun Oleh:

FAKHRI FARGANI YUSRAN

NIM. 40040121650066

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2025

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RANCANGAN PABRIK ETIL BENZENA DARI ETILENA DAN BENZENA
MENGUNAKAN PROSES MOBIL BADGER DENGAN KATALIS MCM-41
KAPASITAS 81.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh:

FAKHRI FARGANI YUSRAN 40040121650066

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 12 Maret 2025

Dosen Pembimbing



Mohamad Endy Julianto S.T., M.T.

NIP. 197107311999031001

HALAMAN PERYATAAN INTEGRITAS

HALAMAN PERYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fakhri Fargani Yusran
NIM : 40040121650066
Judul Skripsi : Pra Rancangan Pabrik Etil Benzena Dari Etilena Dan Benzena
Menggunakan Proses Mobil Badger Dengan Katalis MCM-41
Kapasitas 81.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya Fakhri Fargani Yusran dan partner saya, Muhammad Rizky Ramadhan didampingi dosen pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam tugas akhir 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, 19 Maret 2025



Fakhri Fargani Yusran
Nim. 40040121650066



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/Faksimila (024) 7471379
Laman vokasi@liveundip.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Judul Laporan Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Etil Benzena Dari Etilena Dan Benzena Menggunakan Proses Mobil Badger Dengan Katalis MCM-41 Kapasitas 81.000 Ton/Tahun

Identitas Penulis

Nama : Fakhri Fargani Yusran
NIM : 40040121650066
Fakultas : Sekolah Vokasi / S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Laporan Tugas Akhir ini telah disahkan dan disetujui pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 29 April 2025

Menyetujui
Tim Penguji

Penguji I,


Dr. Eng. Vita Pamamita S.T., M.M., M.Eng.
NIP. 198102152005012002

Penguji II,


Teguh Riyanto S.T., M.T.
NIP. 199508242024061002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir skripsi ini dengan judul **“Pra Rancangan Pabrik Etil Benzena Dari Etilena Dan Benzena Menggunakan Proses Mobil Badger Dengan Katalis MCM-41 Kapasitas 81.000 Ton/Tahun”**.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan akhir skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak M. Endy Julianto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro sekaligus dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dengan baik hingga laporan tugas akhir (skripsi) ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. Fahmi Arifan, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng. selaku Dosen Wali Kelas Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri yang senantiasa memberikan arahan.
3. Seluruh bapak dan ibu dosen program studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama menjalani perkuliahan.
4. Kedua orang tua dan adik saya yang selalu memberikan kasih sayang, semangat dan motivasi. Terima kasih atas segala dukungannya, baik secara material maupun spiritual hingga saya bisa menyelesaikan laporan ini.
5. Rekan skripsi saya Muhammad Rizky Ramadhan yang telah memberikan semangat, waktu, dan tenaga dalam penyusunan skripsi ini.
6. Teman-teman angkatan 21 serta semua pihak yang telah memberikan informasi, semangat, dan dukungan dalam menyelesaikan laporan ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Semoga segala bantuan yang telah diberikan, diberi balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Penulis sangat menyadari bahwa penulisan laporan akhir skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca

Semarang, 20 Maret 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI	1
BAB I.....	2
PENDAHULUAN.....	2
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Kapasitas Rancangan	3
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik.....	8
1.4 Tinjauan Proses.....	10
BAB II	14
DESKRIPSI PROSES	14
2.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	14
2.2 Konsep Proses	17
2.3 Langkah Proses	20
2.4 Diagram Alir (Flowsheet).....	22
2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan.....	32
BAB III.....	39
SPESIFIKASI ALAT	39
3.1 Tangki Penyimpanan.....	39
3.2 Vaporizer	40
3.3 Reaktor	40
3.4 Menara Distilasi.....	41
3.5 Heat Exchanger.....	42
3.6 Pompa	43
BAB IV	44
UNIT PENDUKUNG PROSES	44
4.1 Unit Pengolahan dan Penyediaan Air (<i>Water Treatment System</i>).....	44

4.2 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>).....	52
4.3 Unit Penyedia Steam (<i>Steam Generation System</i>)	56
4.4 Unit Penyedia Bahan Bakar	58
4.5 Unit Penyedia Udara Tekan.....	59
4.6 Unit Laboratorium	60
4.7 Unit Pengolahan Limbah	61
4.8 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup.....	63
4.9 Instrumentasi	67
BAB V.....	72
MANAJEMEN PERUSAHAAN	72
5.1 Bentuk Perusahaan.....	72
5.2 Struktur Organisasi.....	74
5.3 Tugas dan Wewenang	77
5.4 Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan.....	80
5.5 Pembagian Jam Kerja.....	81
5.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji.....	82
5.7 Kesejahteraan Karyawan	86
5.8 Corporate Social Responsibility (CSR)	87
BAB VI	89
TROUBLESHOOTING	89
6.1 Unit Persiapan Bahan Baku	89
6.2 Unit Reaksi	93
6.3 Unit Pemurnian Produk.....	94
BAB VII	97
ANALISA EKONOMI.....	97
7.1 Perkiraan Harga Peralatan	97
7.2 Dasar Pehitungan.....	99
7.3 Perhitungan Biaya	99
7.4 Analisa Kelayakan	103
7.5 Hasil Perhitungan.....	105
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN.....	110
DATA SIFAT	110
LAMPIRAN A	114
NERACA MASSA	114

LAMPIRAN B	126
NERACA PANAS	126
LAMPIRAN C	171
PERANCANGAN ALAT	171
LAMPIRAN D	240
ANALISA EKONOMI	240

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Perkembangan Impor Ethylbenzene Di Indonesia (BPS, 2024).....	3
Tabel 1. 2 Perkembangan Ekspor Ethylbenzene Di Indonesia (BPS, 2024).....	4
Tabel 1. 3 Proyeksi Kebutuhan Ethylbenzene di Indonesia (2029-2039).....	6
Tabel 1. 4 Daftar Pabrik Produksi Ethylbenzene Di Dunia.....	7
Tabel 1. 5 Perbandingan Proses Pembuatan Ethylbenzene	13
Tabel 2. 1 Harga Panas Reaksi pada Suhu 25°C (Yaws, 1999).....	17
Tabel 2. 2 Neraca Massa Mixing Valve-01 (MV-01)	24
Tabel 2. 3 Neraca Massa Mixing Valve-02 (MV-02)	24
Tabel 2. 4 Neraca Massa Reaktor-01 (R-01).....	25
Tabel 2. 5 Menara Distilasi-01 (MD-01).....	25
Tabel 2. 6 Menara Distilasi-02 (MD-02).....	26
Tabel 2. 7 Neraca Massa Overall.....	26
Tabel 2. 8 Neraca Panas Vaporizer (VP-01).....	28
Tabel 2. 9 Neraca Panas Mixing Valve 1 (MV-01).....	28
Tabel 2. 10 Neraca Panas Kompresor (C-01)	28
Tabel 2. 11 Neraca Panas Furnace (F-01).....	29
Tabel 2. 12 Neraca Panas Primary Reaktor (R-01) Antara Bed I dan Bed II.....	29
Tabel 2. 13 Neraca Panas Antara Bed II dan Bed III.....	29
Tabel 2. 14 Neraca Panas Mixing Valve 2 (MV-02).....	30
Tabel 2. 15 Neraca Panas Heat Exchanger 1 (HE-01).....	30
Tabel 2. 16 Neraca Panas Menara Distilasi 1 (MD-01).....	30
Tabel 2. 17 Neraca Panas Menara Distilasi 2 (MD-02).....	31
Tabel 2. 18 Neraca Panas Heat Exchanger 2 (HE-102).....	31
Tabel 2. 19 Neraca Panas Ekspander (EX-101)	31
Tabel 2. 20 Neraca Panas Overall.....	32
Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Ethylbenzene	39
Tabel 3. 2 Spesifikasi Vaporizer	40
Tabel 3. 3 Spesifikasi Reaktor	41
Tabel 3. 4 Spesifikasi Menara Distilasi	41
Tabel 3. 5 Spesifikasi Heat Exchanger	42
Tabel 3. 6 Spesifikasi Pompa.....	43
Tabel 4. 1 Syarat Air Pendingin (Kemenkes, 2010)	47
Tabel 4. 2 Syarat Air Umpan Boiler (PT. Lotte Chemical Titan Nusantara, 2018).....	48
Tabel 4. 3 Parameter Fisik Standar Baku Mutu Air Sanitasi (Kemenkes, 2017)	48
Tabel 4. 4 Parameter Biologi Standar Baku Mutu Air Sanitasi (Kemenkes, 2017)	49
Tabel 4. 5 Parameter Kimia Standar Baku Mutu Air Sanitasi (Kemenkes, 2017)	49
Tabel 4. 6 Kebutuhan Air Pendingin	50
Tabel 4. 7 Kebutuhan Air Steam.....	51
Tabel 4. 8 Total Daya Pada Alat-Alat Proses.....	52
Tabel 4. 9 Total Daya Pada Peralatan Utilitas	52
Tabel 4. 10 Kebutuhan <i>Lumen Area Indoor</i>	54
Tabel 4. 11 Kebutuhan <i>Lumen Area Outdoor</i>	54
Tabel 4. 12 Ruang yang Menggunakan <i>Air Conditioner</i>	55
Tabel 4. 13 Parameter Limbah Cair (Kementerian LHK, 2016).....	61
Tabel 4. 14 Instrumentasi Alat.....	69

Tabel 5. 1 Kelebihan dan Kekurangan Perseroan Terbatas (Martien, 2023).....	73
Tabel 5. 2 Jadwal Kerja Setiap Regu Hari 1-15	82
Tabel 5. 3 Jadwal Kerja Setiap Regu Hari 16-30	82
Tabel 5. 4 Jabatan dan Pendidikan	82
Tabel 5. 5 Rincian Jumlah Karyawan Proses Produksi dan Utilitas (Ulrich, 1984).....	84
Tabel 5. 6 Rincian Gaji dan Jumlah Karyawan (Permenaker, 2018).....	84
Tabel 6. 1 Analisa <i>Troubleshooting</i> pada Unit Persiapan Bahan Baku.....	89
Tabel 6. 2 Analisa <i>Troubleshooting</i> pada Unit Reaksi.....	93
Tabel 6. 3 Analisa <i>Troubleshooting</i> pada Unit Pemurnian Produk.....	94
Tabel 7. 1 Indeks CEPCI Tahun 2001-2024.....	98
Tabel 7. 2 <i>Fixed Capital Investment</i>	105
Tabel 7. 3 <i>Working Capital Investment</i>	105
Tabel 7. 4 <i>Direct Manufacturing Cost</i>	105
Tabel 7. 5 <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	106
Tabel 7. 6 <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	106
Tabel 7. 7 <i>Manufacturing Cost</i>	106
Tabel 7. 8 <i>General Expense</i>	106
Tabel 7. 9 <i>Total Production Cost</i>	106
Tabel 7. 10 Analisa Kelayakan.....	107
Tabel L. 1 <i>Critical Properties</i> (Yaws, 1999)	110
Tabel L. 2 Data Konstanta Kapasitas Panas Gas (Yaws, 1999).....	110
Tabel L. 3 Data Konstanta Kapasitas Komponen Cair (Yaws, 1999).....	111
Tabel L. 4 Data Konstanta Entalpi Penguapan (Yaws, 1999)	111
Tabel L. 5 Data Konstanta Tekanan Uap Murni (Yaws, 1999)	112
Tabel L. 6 Panas Pembentukan Standar	112
Tabel L. 7 Titik Didih Komponen.....	113
Tabel A. 1 Komposisi Produk.....	114
Tabel A. 2 Neraca Massa Mixing Valve 1 Sebelum Recycle (MV-01).....	115
Tabel A. 3 Neraca Massa Mixing Valve 2 (MV-02).....	116
Tabel A. 4 Neraca Massa Reaktor (R-01).....	118
Tabel A. 5 Neraca Massa Menara Distilasi 1 (MD-01).....	119
Tabel A. 6 Neraca Massa Menara Distilasi 2 (MD-02).....	121
Tabel A. 7 Neraca Massa Total.....	121
Tabel A. 8 Neraca Massa Aktual Mixing Valve 1 (MV-01)	122
Tabel A. 9 Neraca Massa Aktual Mixing Valve 2 (MV-02)	122
Tabel A. 10 Neraca Massa Aktual Reaktor 1 (R-01).....	123
Tabel A. 11 Neraca Massa Aktual Menara Distilasi 1 (MD-01).....	123
Tabel A. 12 Neraca Massa Aktual Menara Distilasi 2 (MD-02)	124
Tabel A. 13 Neraca Massa Aktual Total	124
Tabel B. 1 Neraca Panas Vaporizer-01 (VP-01).....	129
Tabel B. 2 Neraca Panas Mixing Valve 1 (MV-01).....	131
Tabel B. 3 Neraca Panas Kompresor (C-01).....	136
Tabel B. 4 Neraca Panas Furnace (F-01).....	139
Tabel B. 5 Neraca Panas Reaktor Antara Bed I dan Bed II.....	147
Tabel B. 6 Neraca Panas Reaktor Antara Bed II dan Bed III	147
Tabel B. 7 Neraca Panas MV-02	150

Tabel B. 8 Neraca Panas Heat Exchanger 101 (HE-101).....	152
Tabel B. 9 Neraca Panas Menara Distilasi 1 (MD-01).....	159
Tabel B. 10 Neraca Panas Menara Distilasi 2 (MD-02).....	166
Tabel B. 11 Neraca Panas Heat Exchanger 2 (HE-102).....	167
Tabel B. 12 Neraca Panas Ekspander (EX-101).....	169
Tabel B. 13 Neraca Panas Total.....	170
Tabel C. 1 Perhitungan Densitas Komponen (Yaws, 1999).....	172
Tabel C. 2 Perhitungan Densitas Campuran Produk Etilbenzena.....	172
Tabel C. 3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Etilbenzena.....	182
Tabel C. 4 Perhitungan Densitas Komponen (Yaws, 1999).....	184
Tabel C. 5 Perhitungan Viskositas Campuran (Yaws, 1999).....	185
Tabel C. 6 Panjang Ekuivalen Pipa.....	186
Tabel C. 7 Spesifikasi Pompa.....	188
Tabel C. 8 Spesifikasi Vaporizer.....	196
Tabel C. 9 Spesifikasi Menara Distilasi.....	211
Tabel C. 10 Perhitungan Densitas Umpan Bed I.....	212
Tabel C. 11 Viskositas Gas Etilbenzena.....	218
Tabel C. 12 Kapasitas Panas Gas Etilbenzena.....	219
Tabel C. 13 Konduktivitas Termal Etilbenzena Gas.....	219
Tabel C. 14 Perhitungan ΔT_{LMTD}	222
Tabel C. 15 Viskositas Gas Etilbenzena.....	224
Tabel C. 16 Spesifikasi Reaktor.....	230
Tabel C. 17 Suhu Tinggi dan Rendah Heat Exchanger.....	232
Tabel C. 18 Spesifikasi Heat Exchanger.....	238
Tabel D. 1 Indeks CEPCI Tahun 2001-2024.....	241
Tabel D. 2 Pembelian Alat Dalam Negeri.....	243
Tabel D. 3 Pembelian Alat Luar Negeri.....	243
Tabel D. 4 <i>Purchased Equipment Cost Domestic</i>	244
Tabel D. 5 <i>Purchased Equipment Cost International</i>	244
Tabel D. 6 <i>Equipment Installation Cost</i>	245
Tabel D. 7 <i>Piping Cost</i>	245
Tabel D. 8 <i>Instrumentation Cost</i>	245
Tabel D. 9 <i>Electrical Cost</i>	245
Tabel D. 10 Biaya Insulasi.....	246
Tabel D. 11 <i>Direct Cost</i>	246
Tabel D. 12 <i>Fixed Capital Investment</i>	247
Tabel D. 13 <i>Raw Material Inventory</i>	248
Tabel D. 14 <i>Working Capital Investment</i>	249
Tabel D. 15 <i>Total Capital Investment</i>	249
Tabel D. 16 Bahan Baku.....	250
Tabel D. 17 Karyawan.....	250
Tabel D. 18 Supervisi.....	250
Tabel D. 19 <i>Direct Manufacturing Cost</i>	251
Tabel D. 20 <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	252
Tabel D. 21 <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	253
Tabel D. 22 <i>Total Manufacturing Cost</i>	253

Tabel D. 23 <i>Management Salaries</i>	253
Tabel D. 24 <i>General Expense</i>	255
Tabel D. 25 Total Biaya Produksi	255
Tabel D. 26 <i>Revenue</i>	256
Tabel D. 27 <i>Cumulative Cash Flow</i>	257
Tabel D. 28 <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	258
Tabel D. 29 <i>Variable Cost</i>	258
Tabel D. 30 <i>Regulated Cost</i>	259
Tabel D. 31 Analisa Kelayakan Pabrik.....	260

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Lokasi Pabrik.....	10
Gambar 2. 1	Diagram Alir Proses Pra-Rancangan Pabrik Ethylbenzene.....	22
Gambar 2. 2	Diagram Alir Neraca Massa Pra-Rancangan Pabrik Ethylbenzene.....	23
Gambar 2. 4	Layout Pabrik	35
Gambar 2. 5	Layout Peralatan Proses.....	38
Gambar 4. 1	Blok Diagram Proses Pengolahan Air	45
Gambar 4. 2	Proses Udara Tekan	60
Gambar 5. 1	Struktur Organisasi	76
Gambar 7. 1	Grafik Indeks CEPCI dari tahun 2001-2024	98
Gambar D. 1	Grafik Indeks CEPCI dari tahun 2001-2024	242

INTISARI

Ethylbenzene (C_8H_{10}) adalah salah satu senyawa hidrokarbon aromatis di industri petrokimia yang berfungsi sebagai bahan baku pembuatan styrene, perekat, cat, dan lainnya. Pembuatan ethylbenzene membutuhkan 2 bahan baku utama yaitu, etilen dan benzene. Kedua bahan tersebut dapat diperoleh di Indonesia dengan kapasitas yang cukup. Proses produksi ethylbenzene melalui 3 tahap yaitu, tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi, dan tahap pemurnian produk. Proses pembuatannya menggunakan metode mobil badger dikarenakan lebih efisien dan juga lebih ramah lingkungan, serta residu yang dihasilkan lebih kecil.

Bentuk pabrik ethylbenzene direncanakan berbentuk PT (Perseroan Terbatas) yang berarti kepemilikan di dalam perusahaan dibagi berdasarkan jumlah saham yang dimiliki, sehingga pemilik perusahaan (pemegang saham) hanya akan bertanggung jawab sebesar saham yang dimilikinya saja.

Pada pra rancangan pabrik ethylbenzene ini dibuat evaluasi serta penilaian dan investasi. Dari hasil perhitungan analisa kelayakan maka diperoleh *percent return on investment* sebesar 39,08%%, *pay out time* sebesar 2,29 tahun, *trial IRR* 15,34%, *break event point* 17,03%, dan *shut down point* 3,49%.

Kata Kunci : Benzene, Ethylene, Ethylbenzene