

**Pra-Rancangan Pabrik *Ethylene* dengan Proses Dehidrasi *Ethanol* Menggunakan
Adiabatic Fixed Bed Double Stage Reactor Kapasitas 135.000 Ton/Tahun**



TUGAS AKHIR

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

Disusun Oleh:

KASYFILLAH SANDY AZIZI

NIM. 40040122650051

ALAM SURYA NEGARA

NIM. 40040122650058

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

2026

HALAMAN PENGESAHAN

Pra-Rancangan Pabrik *Ethylene* dengan Proses Dehidrasi *Ethanol* Menggunakan *Adiabatic Fixed Bed Double Stage Reactor* Kapasitas 135.000 Ton/Tahun

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik

Disusun Oleh:

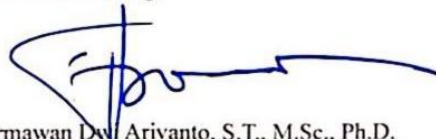
KASYFILLAH SANDY AZIZI

NIM 40040122650051

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir

Semarang, 10 Juli 2026

Dosen Pembimbing,



Hermawan Dwi Ariyanto, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. H.7.1990045152021021001

Pra-Rancangan Pabrik *Ethylene* dengan Proses Dehidrasi *Ethanol* Menggunakan *Adiabatic Fixed Bed Double Stage Reactor* Kapasitas 135.000 Ton/Tahun

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik

Disusun Oleh:

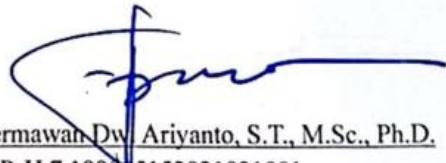
ALAM SURYA NEGARA

NIM 40040122650058

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir

Semarang, 10 Juli 2026

Dosen Pembimbing,



Hermawan Dw. Ariyanto, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. H.7.199005152021021001

HALAMAN PENYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kasyfillah Sandy Azizi
NIM : 40040122650051
Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Pra-Rancangan Pabrik *Ethylene* dengan Proses Dehidrasi *Ethanol* Menggunakan *Adiabatic Fixed Bed Double Stage Reactor* Kapasitas 135.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil karya saya Kasyfillah Sandy Azizi dan partner saya atas nama Alam Surya Negara didampingi 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 dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Semarang, 10 Juli 2026



Kasyfillah Sandy Azizi
NIM 40040122650051

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alam Surya Negara
NIM : 40040122650058
Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Pra-Rancangan Pabrik *Ethylene* dengan Proses Dehidrasi *Ethanol* Menggunakan *Adiabatic Fixed Bed Double Stage Reactor* Kapasitas 135.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil karya saya Alam Surya Negara dan partner saya atas nama Kasyfillah Sandy Azizi didampingi 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 dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Semarang, 10 Juli 2026



Alam Surya Negara
NIM 40040122650058

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat selama ini sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan Judul **“Pra-Rancangan Pabrik *Ethylene* dengan Proses Dehidrasi *Ethanol* Menggunakan *Adiabatic Fixed Bed Double Stage Reactor* Kapasitas 135.000 Ton/Tahun”**. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir 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 Teknologi Rekayasa Kimia Industri yang selalu memberikan dorongan dan motivasi kepada mahasiswa.
3. Hermawan Dwi Ariyanto, S.T., M.Sc., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang membimbing dan mengarahkan sehingga penulis dapat lebih memahami dan mengerti tentang banyak hal yang ada di Teknik kimia serta dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan benar.
4. Dr. Eng. Vita Paramita, S.T., M.M., M.Eng., selaku Dosen Wali penyusun 1 yang telah memberikan semangat dan doa.
5. Dr. M. Endy Yulianto, S.T., M.T selaku Dosen Wali penyusun 2 yang telah memberikan semangat dan doa.
6. Seluruh Dosen Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
7. Kepada orang tua kedua penyusun yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi selama proses penyusunan tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Semoga segala bantuan yang telah diberikan, diberi balasan yang setimpal dari Allah SWT.

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

Semarang, Juli 2026

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENYATAAN INTEGRITAS	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
INTISARI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	2
1.3 Tinjauan Proses.....	21
BAB II DESKRIPSI PROSES	30
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	30
2.2 Konsep Proses.....	32
2.3 Langkah Proses.....	38
2.4 <i>Process Flow Diagram</i>	41
2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas	42
2.6 Tata Letak Pabrik dan Pemetaan	63
BAB III SPESIFIKASI ALAT UTAMA	76
3.1 Tangki Penyimpanan <i>Ethanol</i>	76
3.2 Tangki Penyimpanan <i>Ethylene</i>	77
3.3 Pompa	77
3.4 <i>Separator</i>	78
3.5 <i>Reactor</i>	79
3.6 <i>Vaporizer</i>	80
3.7 <i>Compressor</i>	81
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES	82
4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	82
4.2 Unit Pembangkit Uap	92
4.3 Unit Penyediaan Udara Tekan.....	97
4.4 Kebutuhan Listrik.....	98
4.5 Unit Laboratorium	99

4.6 Limbah Cair dan Padat	102
4.7 Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH)	103
4.8 Instrumentasi	103
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN	104
5.1 Bentuk Perusahaan	104
5.2 Struktur Organisasi	105
5.3 Tugas dan Wewenang.....	109
5.4 Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan	113
5.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji.....	117
5.6 Kesejahteraan Karyawan	121
5.7 Corporate Social Responsibility (CSR).....	125
BAB VI TROUBLESHOOTING	128
6.1 Unit Penyimpana (<i>Ethanol Tank</i>).....	128
6.2 Unit Preparasi Bahan Baku.....	129
6.3 Unit Reaksi	129
6.4 Unit Pemisahan.....	130
6.5 Unit Penyimpanan (<i>Ethylene Tank</i>).....	130
BAB VII ANALISA EKONOMI	132
7.1 Perkiraan Harga Peralatan	132
7.2 Dasar Perhitungan.....	134
7.3 Perhitungan Biaya.....	134
7.4 Analisa Kelayakan.....	139
DAFTAR PUSTAKA.....	143
LAMPIRAN 1 NERACA MASSA	148
LAMPIRAN 2 NERACA PANAS	161
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT.....	214
LAMPIRAN 4 ANALISA EKONOMI	271

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor <i>Ethylene</i> di Indonesia	2
Tabel 1.2 Data Impor Ekspor <i>Ethylene</i> di Indonesia dan Pertumbuhannya	4
Tabel 1.3 Proyeksi Kebutuhan <i>Ethylene</i> di Indonesia 10 Tahun Mendatang	6
Tabel 1.4 Pabrik <i>Ethanol</i> di Indonesia dan Dunia	6
Tabel 1.5 Produsen <i>Ethylene</i> di Dunia.....	9
Tabel 1.6 Perbandingan Lokasi Pemilihan Pabrik	10
Tabel 1.7 Letak Pasar untuk Pabrik	14
Tabel 1.8 Tinjauan Keseluruhan Proses Pembuatan <i>Ethylene</i>	27
Tabel 2.1 Harga (ΔH°_f) masing-masing komponen	34
Tabel 2.2 Harga (ΔG°_f) masing-masing komponen	35
Tabel 2.3 Harga (ΔH°_f) masing-masing komponen	36
Tabel 2.4 Harga (ΔG°_f) masing-masing komponen	36
Tabel 2.5 Neraca Massa 1 st <i>Superheated Steam & Ethanol Vapor Mixer</i> (M-114).....	43
Tabel 2.6 Neraca Massa <i>Adiabatic Fixed Bed Reactor Stage 1</i> (R-210).....	44
Tabel 2.7 Neraca Massa 2 nd <i>Superheated Steam & Ethanol Vapor Mixer</i> (M-115).....	45
Tabel 2.8 Neraca Massa <i>Adiabatic Fixed Bed Reactor Stage 2</i> (R-210).....	46
Tabel 2.9 Neraca Massa <i>Water Separator</i> (H-320)	47
Tabel 2.10 Neraca Massa <i>Overall</i>	48
Tabel 2.11 Neraca Panas <i>Ethanol Feed Pump</i> (P-112).....	50
Tabel 2.12 Neraca Panas <i>Ethanol Vaporizer</i> Sisi Arus 3 dan 4 (E-113)	51
Tabel 2.13 Neraca Panas <i>Ethanol Vaporizer</i> Sisi Arus 10 dan 11 (E-113)	51
Tabel 2.14 Neraca Panas 1 st <i>Superheated Steam & Ethanol Vapor Mixer</i> (M-114)	52
Tabel 2.15 Neraca Panas <i>Adiabatic Fixed Bed Reactor Stage 1</i> (R-210).....	53
Tabel 2.16 Neraca Panas dari <i>Pressure Reducing Valve</i> (PRV 1).....	54
Tabel 2.17 Neraca Panas dari <i>Pressure Reducing Valve</i> (PRV 2).....	55
Tabel 2.18 Neraca Panas 2 nd <i>Superheated Steam & Ethanol Vapor Mixer</i> (M-115)	56
Tabel 2.19 Neraca Panas 2 nd <i>Heater to Stage 2</i> (E-216).....	57
Tabel 2.20 Neraca Panas <i>Adiabatic Fixed Bed Reactor Stage 2</i> (R-210).....	58
Tabel 2.21 Neraca Panas <i>Hot Effluent Cooler</i> (E-321).....	59
Tabel 2.22 Neraca Panas <i>Water Condensor</i> (E-322)	60
Tabel 2.23 Neraca Panas <i>Ethylene Compressor</i> (G-331)	61
Tabel 2.24 Neraca Panas <i>Ethylene Condensor</i> (E-332).....	62
Tabel 2.25 Neraca Panas <i>Overall</i>	63

Tabel 2.26 Perincian Luas Tanah Pabrik <i>Ethylene</i>	65
Tabel 2.27 Perincian Luas Bangunan Pabrik <i>Ethylene</i>	65
Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan <i>Ethanol</i>	76
Tabel 3.2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan <i>Ethylene</i>	77
Tabel 3.3 Spesifikasi Pompa	77
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>Separator</i>	78
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>Reactor</i>	79
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>Vaporizer</i>	80
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>Compressor</i>	81
Tabel 4.1 Standar Acuan Kualitas Kawasan Industri Maspion	82
Tabel 4.2 Kualitas Air Pendingin Sistem <i>Once Through</i>	84
Tabel 4.3 Spesifikasi Air Umpan <i>Fired Heater</i>	87
Tabel 4.4 Kebutuhan Air Pendingin	91
Tabel 4.5 Kebutuhan <i>Steam</i>	93
Tabel 4.6 Total Kebutuhan Listrik Proses	98
Tabel 4.7 Total Kebutuhan Listrik Utilitas	98
Tabel 5. 1 Pembagian Shift Kerja Karyawan	114
Tabel 5. 2 Pembagian Karyawan Berdasarkan Alat Proses	115
Tabel 5. 3 Pembagian Jumlah Karyawan di Unit Utilitas	116
Tabel 5. 4 Pembagian Karyawan di bagian HSE	116
Tabel 5. 5 Penggolongan Jabatan	117
Tabel 5. 6 Perincian Jumlah Karyawan	119
Tabel 5. 7 Penggolongan Gaji Menurut Jabatan	120
Tabel 6. 1 <i>Troubleshooting</i> Unit Penyimpanan	128
Tabel 6. 2 <i>Troubleshooting</i> Unit Preparasi Bahan Baku	129
Tabel 6. 3 <i>Troubleshooting</i> Unit Reaksi	129
Tabel 6. 4 <i>Troubleshooting</i> Unit Pemishaan	130
Tabel 6. 5 <i>Troubleshooting</i> Unit Penyimpanan	130
Tabel 7. 1 Indeks CEP dari Tahun 2001-2023	133
Tabel 7. 2 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	136
Tabel 7. 3 <i>Working Capital Investment (WCI)</i>	136
Tabel 7. 4 <i>Total Capital Investment</i>	137
Tabel 7. 5 <i>Manufacturing Cost</i>	138
Tabel 7. 6 <i>Genereal Expense</i>	139

Tabel 7. 7 <i>Total Production Cost</i>	139
Tabel 7. 8 Analisa Kelayakan	141
Tabel 7. 9 Kesimpulan Analisa Kelayakan.....	142

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Impor <i>Ethylene</i> di Indonesia.....	3
Gambar 1.2 Data Ekspor <i>Ethylene</i> di Indonesia	3
Gambar 1.3 Lokasi Pendirian Pabrik.....	21
Gambar 2.1 <i>Process Flow Diagram</i> Produksi <i>Ethylene</i>	41
Gambar 2.2 <i>Block Flow Diagram</i> Neraca Massa	42
Gambar 2.3 Block Diagram Neraca Masa dari 1 st Superheated Steam & <i>Ethanol Vapor Mixer</i> (M-114).....	43
Gambar 2.4 <i>Block Diagram</i> Neraca Massa dari <i>Adiabatic Fixed Bed Reactor Stage 1</i>	44
Gambar 2.5 <i>Block Diagram</i> Neraca Massa dari 2 nd Superheated Steam & <i>Ethanol Vapor Mixer</i> (M-115).....	45
Gambar 2.6 <i>Block Diagram</i> Neraca Massa dari <i>Adiabatic Fixed Bed Reactor Stage 2</i> (R-210)	46
Gambar 2.7 <i>Block Diagram</i> Neraca Massa dari <i>Water Separator</i> (H-320).....	47
Gambar 2.8 <i>Block Flow Diagram</i> Neraca Panas	49
Gambar 2.9 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari <i>Ethanol Feed Pump</i> (P-112).....	50
Gambar 2.10 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari <i>Ethanol Vaporizer</i> (E-113).....	50
Gambar 2.11 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari 1 st Superheated Steam & <i>Ethanol Vapor Mixer</i> (M-114)	52
Gambar 2.12 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari <i>Adiabatic Fixed Bed Reactor Stage 1</i> (R-210)	53
Gambar 2.13 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari <i>Pressure Reducing Valve</i> (PRV 1)	54
Gambar 2.14 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari <i>Pressure Reducing Valve</i> (PRV 1)	55
Gambar 2.15 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari 2 nd Superheated Steam & <i>Ethanol Vapor Mixer</i> (M-115)	56
Gambar 2.16 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari <i>Heater to Stage 2</i> (E-216).....	57
Gambar 2.17 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari <i>Adiabatic Fixed Bed Reactor Stage 2</i> (R-210)	58
Gambar 2.18 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari <i>Hot Effluent Cooler</i> (E-321).....	59
Gambar 2.19 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari <i>Water Condensor</i> (E-322)	60
Gambar 2.20 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari <i>Ethylene Compressor</i> (G-331).....	61
Gambar 2.21 <i>Block Diagram</i> Neraca Panas dari <i>Ethylene Condensor</i> (E-332)	62
Gambar 2.22 <i>Lay Out</i> Pabrik <i>Ethylene</i>	66
Gambar 2.23 <i>Lay Out</i> Peralatan Proses Pabrik <i>Ethylene</i>	71

Gambar 5. 1 Sruktur Organisasi.....	108
-------------------------------------	-----

INTISARI

Pra-rancangan pabrik *ethylene* ini bertujuan untuk memenuhi tingginya permintaan domestik dan mengurangi ketergantungan impor, baik untuk sektor industri polimer maupun agroindustri sebagai hormon pematangan buah. Pabrik dirancang dengan kapasitas produksi sebesar 135.000 ton/tahun dan akan didirikan secara strategis di Kawasan Industri Maspion, Gresik, Jawa Timur. Proses produksi menggunakan metode dehidrasi bioetanol fase gas dari bahan baku *Ethanol* berkemurnian 96%. Reaksi katalitik endotermis ini berlangsung di dalam *Adiabatic Fixed Bed Double Stage Reactor* berbantuan katalis Gamma-Alumina. Kondisi operasi reaktor berada pada rentang suhu 453–466°C dan tekanan 6.86–7.36 atm. Proses ini mampu memberikan efisiensi yang sempurna dengan konversi *Ethanol* 100% dan selektivitas *ethylene* 100% tanpa mendeteksi produk sampingan. Campuran gas hasil reaksi kemudian dikondensasi dan dipisahkan di *Knock Out Drum (Water Separator)* untuk menghasilkan produk *ethylene* dengan kemurnian sangat tinggi, yakni 99.99%. Dari segi analisis kelayakan ekonomi, pendirian pabrik ini dinilai sangat layak (*feasible*). Parameter investasi menunjukkan nilai *Return on Investment* (ROI) setelah pajak sebesar 13% dengan pengembalian modal atau *Pay Out Time* (POT) setelah pajak selama 3.5 tahun. Pabrik memiliki tingkat risiko finansial yang aman dengan nilai *Break Even Point* (BEP) pada 23% dari kapasitas produksi dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 6%. *Internal Rate of Return* (IRR) pabrik mencapai 20%, jauh melampaui batas minimum suku bunga kelayakan sebesar 12%.

Keyword : *Ethylene*, Bioetanol, Dehidrasi Katalitik, Reaktor Adiabatik, Katalis Gamma-Alumina, Pra-rancangan Pabrik.