

SKRIPSI

**“PRA-RANCANGAN PABRIK *MONOETHANOLAMINE* (MEA) DARI AMONIA
DAN ETILEN OKSIDA DENGAN PROSES KATALITIK KAPASITAS 15.000
TON/TAHUN”**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Studi pada Program Studi
Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro Semarang**



Disusun Oleh :

MAESTA FIGLIA FIORA V

NIM. 40040121650034

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2025

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Maesta Figlia Fiora V
NIM : 40040121650034
Program Studi : S.Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Universitas : Universitas Diponegoro
Dosen Pembimbing : Anggun Puspitarini Siswanto S.T., Ph.D.
Judul Laporan Skripsi : Pra-Rancangan Pabrik *Monoethanolamine* (MEA) dari Amonia dan Etilen Oksida dengan Proses Katalitik Kapasitas 15.000 Ton/Tahun

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 30 Juli 2025

Disetujui dan Disahkan Sebagai

Skripsi

Semarang,

Dosen Pembimbing,



Anggun Puspitarini Siswanto S.T., Ph.D.
NIP H.7.198803152018072001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Maesta Figlia Fiora V
NIM : 40040121650034
Judul Skripsi : Pra Rancangan Pabrik Monoethanolamine Dari Amonia dan Etilen
Oksida dengan Proses Katalitik Kapasitas 15.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi / S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya Maesta Figlia Fiora V dan partner saya, Desiana Inayah 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, 3 September 2025


Maesta Figlia Fiora V
NIM. 40040121650034

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Judul Tugas Akhir : Pra-Rancangan Pabrik *Monoethanolamine* (MEA) Dari Amonia Dan Etilen Oksida Dengan Proses Katalitik Kapasitas 15.000 Ton/Tahun

Identitas Penulis :

Nama : Maesta Figlia Fiora V
NIM : 40040121650034
Prodi : Teknologi Rekayasa Kimia Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi

Laporan Tugas Akhir ini telah disahkan dan disetujui pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 25 September 2025

Menyetujui

Tim Penguji

Penguji I

Penguji II


Dr. Mohamad Endy Julianto, S.T., M.T.
NIP. 197107311999031001


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

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir (skripsi) yang berjudul **“Pra-Rancangan Pabrik *Monoethanolamine* (MEA) dari Amonia dan Etilen Oksida dengan Proses Katalitik Kapasitas 15.000 Ton/Tahun”**. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka dengan hati yang tulus ikhlas penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Mohamad Endy Julianto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.
2. Anggun Puspitarini Siswanto S.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing, mengarahkan, mendukung secara material dan moral selama proses pengajuan judul hingga penyusunan laporan tugas akhir sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Dr. Ir. Fahmi Arifan S.T., M.Eng., M.M., IPM., ASEAN Eng. selaku dosen wali yang telah membimbing dan memberikan arahan selama keberjalanan kegiatan perkuliahan.
4. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Kepada Mami tercinta, Mami Nurul Pudiastutiningtyas. Beliau sangat mensupport dan berperan penting dibalik proses menyelesaikan laporan ini. Terimakasih sebesar-besarnya kepada beliau atas segala doa, dukungan, semangat, serta nasihat yang senantiasa selalu diberikan sehingga saya dapat menyelesaikan laporan ini.
6. Kepada cinta pertama dan patah hati terbesar saya, (Alm) Papi Rico Vendamawan. Beliau yang menjadi salah satu alasan saya untuk terus berjuang dan semangat menyelesaikan laporan ini hingga menjadi sarjana walaupun beliau tidak dapat melihat dan mendampingi saya secara langsung.
7. Tak lupa kakak kandung saya Mas Marco yang memberi saya dukungan untuk senantiasa bersemangat dan tak mengenal kata putus asa.
8. Desiana Inayah sebagai rekan skripsi yang telah mendorong saya untuk tidak malas, berjuang bersama, memberikan semangat, meluangkan waktu, dan tenaga dalam kegiatan ini.
9. Christian Andreas Hasiholan Silaen yang selalu menemani, meluangkan waktu dan memberi segala dukungan untuk saya dalam menyusun laporan ini. Terimakasih telah

menjadi bagian dalam proses perjalanan saya dalam menyusun skripsi. Selalu mendengarkan keluh kesah dan memberi motivasi, sehingga saya bisa bertahan hingga akhir.

10. Teman – teman TRKI 2021 dan Kakak-kakak Tingkat TRKI yang telah membantu memberi semangat dan telah berproses bersama dengan penyusun dalam kehidupan selama perkuliahan.

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

Semarang, 30 Juli 2025

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN INTEGRITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan	2
1.2.1 Kebutuhan MEA di Indonesia.....	2
1.2.2 Kapasitas Pabrik MEA yang Sudah Beroperasi	3
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku	4
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	5
1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku	9
1.3.2 Daerah Pemasaran	9
1.3.3 Sarana Transportasi	9
1.3.4 Utilitas	10
1.3.5 Ketersediaan Tenaga Kerja	10
1.3.6 Pembuangan Limbah.....	11
1.3.7 Kebijakan Pemerintah	11
1.4 Tinjauan Proses	12
1.4.1 Macam-macam Proses Pembuatan MEA	12
1.4.2 Tinjauan Proses Secara Umum.....	17
BAB II	19
DESKRIPSI PROSES	19
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	19
2.2 Konsep Proses	23
2.3 Langkah Proses	31
2.4 Diagram Alir	34
2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas	36
2.6 Tata Letak Pabrik dan Peralatan	53

BAB III.....	58
SPESIFIKASI ALAT.....	58
Unit Penyimpanan	58
Unit Pemisah.....	59
Menara Distilasi (D – 330)	59
Flash Kolom (D – 310)	61
Unit Penukar Panas	62
Unit Pemindah.....	64
Unit Pereaksi	65
Unit Pencampuran	67
BAB IV	70
UNIT PENDUKUNG PROSES	70
4.1 Unit Pengolahan Air	70
4.1.1 Pengadaan Air.....	70
4.1.2 Pengolahan Air.....	76
4.2 Unit <i>Power Station</i> (Penyediaan Tenaga Listrik).....	83
4.2.1 Listrik Untuk Kegiatan Produksi	83
4.2.2 Listrik untuk Kegiatan Operasional	84
4.3 Unit Penyediaan Steam.....	87
4.3.1 Kebutuhan Steam.....	87
4.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar	88
4.4.1 Perhitungan Kapasitas Boiler.....	88
4.4 Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar	89
4.5 Unit Compressor (Penyediaan Udara Tekan).....	91
4.6 Unit Laboratorium.....	93
4.6.1 Peranan Laboratorium.....	93
4.6.2 Bagian-Bagian Laboratorium.....	94
4.6.3 Alat-Alat Utama yang Digunakan di Laboratorium	94
4.7 Unit Pengolahan Limbah	95
4.7.1 Pengolahan Limbah Cair.....	95
4.7.2 Pengolahan Limbah Gas	96
4.7.3 Pengolahan Limbah Padatan.....	96
4.8 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup	96
4.8.1 Fasilitas Pelayanan Kesehatan	97
4.8.2 Potensi Bahaya di Sekitar Pabrik.....	99

4.8.3 Faktor Bahaya di Sekitar Pabrik	100
4.8.4 Sistem Keamanan Kerja.....	101
BAB V	105
MANAJEMEN PERUSAHAAN	105
5.1 Bentuk Perusahaan.....	105
5.2 Struktur Organisasi	106
5.3 Tugas dan Wewenang.....	110
5.4 Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan	113
5.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	115
5.5.1 Penggolongan Jabatan	115
5.5.2 Jumlah Karyawan dan Gaji	117
5.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	124
5.7 Corporate Social Responsibility (CSR).....	125
BAB VI.....	128
TROUBLESHOOTING	128
6.1 Troubleshooting pada Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Produk	130
6.2 Troubleshooting pada Pompa Sentrifugal.....	133
6.3 Troubleshooting pada Unit Penukar Panas	135
6.4 Troubleshooting pada Unit Pencampuran.....	137
6.5 Troubleshooting pada Unit Pemisah.....	139
BAB VII	142
ANALISA EKONOMI	142
7.1 Perkiraan Harga Peralatan.....	142
7.2 Dasar Perhitungan	145
7.2.1 Kapasitas Produksi	145
7.2.2 Ketentuan Bahan Baku dan Produksi Produk Bahan Baku.....	145
7.2.3 Harga Bahan Baku dan Produk	145
7.3 Perhitungan Biaya	146
7.3.1 Penafsiran Modal Industri (Total Capital Investment).....	146
7.3.2 Biaya Produksi Total (Total Operating Expenses).....	149
7.4 Analisa Kelayakan	153
7.5 Hasil Perhitungan	154
7.5.1 Total Capital Investment	154
7.5.2 Total Direct Manufacturing Cost (DMC).....	157
7.5.3 Indirect Manufacturing Cost	159
7.5.4 Fixed Manufacturing Cost.....	159

7.5.5 Total Manufacturing Cost	160
7.5.6 General Expense.....	160
7.5.7 Total Biaya Administrasi.....	163
7.5.8 Total General Expense	163
7.5.9 Total Biaya Produksi	163
7.5.10 Analisa Kelayakan.....	163
DAFTAR PUSTAKA.....	170
LAMPIRAN.....	174

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor Monoethanolamine (MEA) di Indonesia	2
Tabel 1.2 Pabrik Monoethanolamine yang Telah Beroperasi (www.icis.com)	3
Tabel 1.3 Matriks Penentuan Lokasi Pabrik.....	6
Tabel 1.4 Perbandingan Proses Pembuatan Ethanolamine.....	13
Tabel 2.1 Harga Konstanta Kesetimbangan (K)	28
Tabel 2.2 Harga Konstanta Kecepatan Reaksi (k)	30
Tabel 2.3 Neraca Massa Aktual pada Mixer.....	36
Tabel 2.4 Neraca Massa Aktual pada Pipa Pencampuran	36
Tabel 2.5 Neraca Massa Aktual pada Reaktor	37
Tabel 2.6 Neraca Massa Aktual pada Flash Kolom I	37
Tabel 2.7 Neraca Massa Aktual pada Flash Kolom II	37
Tabel 2.8 Neraca Massa Aktual pada Menara Distilasi I	38
Tabel 2.9 Neraca Massa Aktual pada Menara Distilasi II	38
Tabel 2.10 Neraca Panas Aktual pada Mixer (M-130)	39
Tabel 2.11 Neraca Panas Aktual pada Pipa Pencampuran.....	40
Tabel 2.12 Neraca Panas Aktual pada Heat Exchanger (E-211)	41
Tabel 2.13 Neraca Panas Aktual pada Reaktor (R-210).....	42
Tabel 2.14 Neraca Panas Aktual pada Heat Exchanger (E-312)	43
Tabel 2.15 Neraca Panas Aktual pada Kondensor (E-313)	44
Tabel 2.16 Neraca Panas Aktual pada Heat Exchanger (E-323)	45
Tabel 2.17 Neraca Panas Aktual pada Kompresor (C-324).....	45
Tabel 2.18 Neraca Panas Aktual pada Kondensor (E-325)	46
Tabel 2.19 Neraca Panas Aktual pada Menara Distilasi (D-330).....	47
Tabel 2.20 Neraca Panas Aktual pada Kondensor (E-333)	48
Tabel 2.21 Neraca Panas Aktual pada Heat Exchanger (E-336)	49
Tabel 2.22 Neraca Panas Aktual pada Menara Distilasi (D-340).....	50
Tabel 2.23 Neraca Panas Aktual pada Kondensor (E-342)	51
Tabel 2.24 Neraca Panas Aktual pada Heat Exchanger (E-345)	52
Tabel 2.25 Neraca Panas Aktual pada Heat Exchanger (E-3410)	52
Tabel 2.26 Kebutuhan Lahan Pembangunan	55
Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan	58
Tabel 3.2 Spesifikasi Menara Distilasi	60

Tabel 3.3 Spesifikasi Flash Kolom.....	62
Tabel 3.4 Spesifikasi Heat Exchanger	63
Tabel 3.5 Spesifikasi Pompa	65
Tabel 3.6 Spesifikasi Reaktor.....	66
Tabel 3.7 Spesifikasi Mixer.....	68
Tabel 4.1 Syarat Air Pendingin (ASME Water Quality Standard, 1994).	70
Tabel 4.2 Kebutuhan Air untuk Pendingin	71
Tabel 4.3 Syarat air umpan boiler	72
Tabel 4.4 Kebutuhan Air Umpan.....	72
Tabel 4.5 Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi (PERMENKES Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017).	73
Tabel 4.6 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi (PERMENKES Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017).	74
Tabel 4.7 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi (PERMENKES Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017).	74
Tabel 4.8 Spesifikasi Air Desalinasi (Hernández, 2021).....	78
Tabel 4.9 Kebutuhan Listrik Unit Proses	83
Tabel 4.10 Kebutuhan Listrik Unit Utilitas	84
Tabel 4.11 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan	85
Tabel 4.12 Luas Ruangan yang Memerlukan AC.....	86
Tabel 4.13 Kebutuhan Air Umpan.....	88
Tabel 4.14 Data Lower Heating Value (Arthur J. Kidney, 2004)	89
Tabel 4.15 Perhitungan Lower Heating Value Natural Gas	89
Tabel 4.16 Kualitas Udara Instrumen (Broughton, 1994).	92
Tabel 5.1 Jadwal kerja untuk setiap regu	115
Tabel 5.2 Jabatan dan Pendidikan	115
Tabel 5.3 Perincian Jumlah Karyawan Proses.....	117
Tabel 5.4 Perincian Jumlah Karyawan Proses.....	119
Tabel 5.5 Perincian Jumlah Karyawan Utilitas	120
Tabel 5.6 Perincian Jumlah Karyawan HSE Lingkungan, Lab, dan Maintenance.....	120
Tabel 5.7 Jumlah Karyawan dan Rincian Gaji Karyawan.....	121
Tabel 6.1 Troubleshooting pada Tangki Penyimpan Bahan Baku dan Produk.....	130
Tabel 6.2 Troubleshooting pada Pompa Sentrifugal.....	133
Tabel 6.3 Troubleshooting pada Heat Exchanger dan Kondensor (Vimalasari, 2016).	135

Tabel 6.4 Troubleshooting pada Reaktor dan Mixer.....	137
Tabel 6.5 Troubleshooting pada Menara Distilasi dan Flash Coloumn.....	139
Tabel 7.1 Chemical Engineering Plant Cost Index Tahun 2001-2025 (Chemical Engineering Magazine, 2025)	143
Tabel 7.2 Harga Katalis	145
Tabel 7.3 Luas Tanah.....	148
Tabel 7.4 Total Capital Investment.....	154
Tabel 7.5 Total Direct Cost (Physical Plant Cost)	155
Tabel 7.6 Total Indirect Cost	155
Tabel 7.7 Fixed Capital Investment.....	155
Tabel 7.8 Working Capital Investment	156
Tabel 7.9 Total Capital Investment.....	157
Tabel 7.10 Total Direct Manufacturing Cost (DMC)	157
Tabel 7.11 Pendapatan Hasil Penjualan per Tahun.....	157
Tabel 7.12 Biaya Bahan Baku dan Katalis	158
Tabel 7.13 Biaya Supervisi.....	158
Tabel 7.14 Operating Labor Expenses	158
Tabel 7.15 Total Indirect Manufacturing Cost (IMC)	159
Tabel 7.16 Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	159
Tabel 7.17 Total Manufacturing Cost.....	160
Tabel 7.18 Management Salary.....	160
Tabel 7.19 Total Biaya Administrasi	163
Tabel 7.20 Total General Expense.....	163
Tabel 7.21 Total Biaya Produksi	163
Tabel 7.22 Cumulative Cashflow & Net Present Value	166
Tabel 7.23 Break Even Point.....	167
Tabel 7.24 Variable Cost.....	167
Tabel 7.25 Regulated Cost.....	167
Tabel 7.26 Resume Kelayakan Pabrik Monoethanolamine Kapasitas 15.000 Ton/Tahun	169

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Impor monoethanolamine di Indonesia	3
Gambar 1.2 Lokasi Pendirian Pabrik Monoethanolamine	12
Gambar 1.3 Reaksi Proses Katalitik Pembuatan Ethanolamine	13
Gambar 1.4 Blok diagram produksi MEA proses katalitik	13
Gambar 1.5 Reaksi Proses Aqueous Pembuatan Ethanolamine	16
Gambar 1.6 Blok diagram produksi MEA proses non-katalitik	16
Gambar 1.7 Proses Fermentasi Pembuatan Ethanolamine	17
Gambar 2.1 Diagram Alir Neraca Massa	34
Gambar 2.2 Diagram Alir Neraca Panas	35
Gambar 2.3 Tata Letak Peralatan Proses	57
Gambar 4.1 Pengolahan Air Laut (Veera, 2018).	76
Gambar 4.2 Skema Sederhana Desalinasi menggunakan RO (Reverse Osmosis) (Veera, 2018)	79
Gambar 4.3 Blok Diagram Pengolahan Udara Tekan	92
Gambar 5.1 Bagan Struktur Organisasi.....	109
Gambar 7.1 Grafik Hubungan Tahun dengan Plant Cost Index	144
Gambar 7.2 Analisis Pay Out Time	164
Gambar 7.3 % Produksi terhadap Sales, Operating Expenses, dan Fixed Expenses	168