

**PRA-RANCANGAN PABRIK *ETHYLENEDIAMINE* DARI
MONOETHANOLAMINE DAN *AMMONIUM* DENGAN KAPASITAS
22.000 TON/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 :
Ega Prambudi
NIM. 40040119650022**

**PRODI S.Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

HALAMAN PENGESAHAN
PRA-RANCANGAN PABRIK ETHYLENEDIAMINE DARI
MONOETHANOLAMINE DAN AMMONIA DENGAN KAPASITAS 22.000
TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik

Disusun Oleh :

Ega Prambudi

40040119650022

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 10 Mei 2026

Dosen Pembimbing,



Dr.Ir. Fahmi Arifin S.T., M.Eng., M.M., IPM., ASEAN Eng.

NIP. 198002202005011001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ega Prambudi
NIM : 40040119650022
Judul Skripsi : Pra-Rancangan Pabrik *Ethylenediamine* dari *Monoethanolamine* dan *Ammonium* dengan Kapasitas 22.000 Ton/Tahun.
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S.Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya Ega Prambudi dengan didampingi oleh dosen pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia untuk 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, 01 Mei 2026



Ega Prambudi

NIM. 40040119650022

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan lancar tanpa halangan suatu apapun,. Laporan Skripsi dengan judul Pra-Rancangan Pabrik Ethylenediamine dari Monoethanolamine dan Ammonia dengan Kapasitas 22.000 Ton/Tahun. Penyusunan Skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dari semua pihak. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya saran dan masukan dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Untuk itu pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof Dr. Ir. Budiyo, M.Si selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
2. M. Endy Yulianto, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. M. Endy Yulianto, S.T., M.T., selaku dosen wali kelas B Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
4. Dr.Ir. Fahmi Arifin S.T., M.Eng.,M.M.,IPM.,ASEAN Eng., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi dengan baik serta dorongan motivasi hingga terselesaikannya skripsi ini dengan baik.
5. Bapak dan Ibu Dosen serta Staff Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
6. Bapak, ibu, dan adik saya yang selalu memberikan dorongan, doa dan semangat dalam semua hal, sehingga saya bisa menyelesaikan laporan skripsi dengan lancar.
7. Terimakasih untuk diriku sendiri yang telah berhasil untuk menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.
8. Teman-teman TRKI 2019 Kelas B yang telah memberikan arahan dan bantuan selama penyusunan skripsi.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
INTISARI.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	1
1.2. Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik.....	2
1.2.1. Kebutuhan <i>Ethylenediamine</i> dalam Negeri.....	2
1.2.3. Ketersediaan Bahan Baku.....	4
1.2.4. Kapasitas Maksimal dan Minimal Pabrik.....	4
1.2.5. Perhitungan Kapasitas Produksi.....	5
1.3. Penentuan Lokasi Pabrik.....	5
1.3.1. Faktor Primer.....	6
1.3.2. Faktor Sekunder.....	7
1.4. Tinjauan Proses.....	8
1.4.1. Macam Macam Proses.....	8
1.4.2. Tinjauan Proses Secara Umum.....	11
BAB II.....	17
DESKRIPSI PROSES.....	17
2.1. Spesifikasi Bahan Bahan Baku dan Produk.....	17
2.1.1. Spesifikasi Bahan Baku.....	17
2.1.2. Spesifikasi Bahan Pendukung.....	17
2.1.3. Spesifikasi Produk.....	18
2.2. Konsep Dasar Proses.....	18
2.2.1. Dasar Reaksi.....	18
2.2.2. Kondisi Operasi.....	18
2.2. Tinjauan Termodinamika.....	19
2.2.1. Panas Reaksi (ΔH_r).....	19

2.2.2. Tinjauan Kinetika.....	19
2.4. Diagram Alir.....	20
2.4.1. Tahap Persiapan Bahan Baku	20
2.4.2. Tahap Pembentukan Produk.....	20
2.4.3. Tahap Pemurnian Produk	21
2.5. Neraca Massa dan Neraca Panas	22
2.5.1. Neraca Massa.....	22
2.5.1. Diagram Alir Neraca Massa	25
2.5.2. Neraca Panas.....	25
2.5.3. Diagram Alir Neraca Panas	27
2.5.4. Diagram Alir Proses.....	28
1. Feed Preparation (Persiapan Umpan).....	28
2. Reaction Section (Reaksi).....	28
3. Separation Section (Pemisahan).....	28
4. Purification Section (Pemurnian).....	28
2.6. Tata Letak Pabrik dan Peralatan	29
2.6.1. Tata Letak Pabrik.....	29
BAB III	33
SPESIFIKASI ALAT	33
3.1. Tangki Penyimpanan.....	33
3.2. Pompa	34
3.3. Vaporizer	36
3.4. Separator.....	37
3.5. Compressor	37
3.6. Reaktor.....	38
3.7. Flash Drum.....	39
3.8. Menara Destilasi.....	40
3.9. Heat Exchanger	41
3.10. Cooler	43
3.11. Condenser	44
3.12. Reboiler	44
3.13. <i>Accumulator</i>	45
3.14. <i>Expansion Valve</i>	45
BAB IV	46
UNIT PENDUKUNG PROSES	46

4.1.	Unit Pengadaan Air	47
4.1.1.	Penyediaan Air	47
4.1.2.	Pengolahan Air	48
4.1.2.	Kebutuhan Air	50
4.2.	Unit Pengadaan Listrik	51
4.2.1.	Generator	53
4.3.	Unit Pengadaan <i>Steam</i>	54
4.3.2.	Menentukan Luas Penampang Perpindahan Panas	54
4.3.3.	Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar	55
4.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar	55
4.4.	Unit Pengadaan Udara Tekan	57
4.5.	Laboratorium	59
4.5.1.	Tugas Laboratorium	59
4.5.2.	Alat Utama Laboratorium	60
4.6.	Unit Pengolahan Limbah	62
4.7.	Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup	63
4.7.2.	Pengelolaan Lingkungan Hidup di Pabrik	65
4.8.	Instrumentasi	66
	BAB V	71
	MANAJEMEN PERUSAHAAN	71
5.1.	Bentuk Perusahaan	71
5.2.	Struktur Organisasi	73
5.3.	Tugas dan Wewenang	78
5.3.1.	Pemegang Saham	78
5.3.2.	Dewan Komisaris	78
5.3.3.	Dewan Direksi	78
5.3.4.	Manajer	79
5.3.5.	Staff Ahli	80
5.3.6.	Kepala Bagian / Supervisor	81
5.3.7.	Ketua Regu	81
5.4.	Status Karyawan dan Sistem Pengupahan	81
5.5.	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	83
5.5.1.	Penggolongan Jabatan	83
5.5.2.	Jumlah Karyawan dan Gaji	86
5.6.	Kesejahteraan Sosial Karyawan	88

5.7. Corporate Social Responsibility (CSR)	89
BAB VI	93
TROUBLESHOOTING	93
6.1. Analisis Troubleshooting	93
6.2. Identifikasi Unit Kritis	93
6.3. Analisis Unit Troubleshooting Pabrik Ethylenediamine	94
6.4. Kesimpulan Analisis Troubleshooting	96
BAB VII	98
ANALISA EKONOMI	98
7.1. Perkiraan Harga Peralatan	98
7.2. Dasar Perhitungan	100
7.2.1. Kapasitas Produksi	100
7.2.2. Harga Bahan Baku dan Produk	101
7.3. Perhitungan Biaya	101
7.3.1. Capital Investment	101
7.3.2. Manufacturing Cost	104
7.3.3. General Expense	106
7.4. Analisa Kelayakan	107
7.4.1. Percent Profit on Sales (POS)	107
7.4.2. Percent Return on Investment (ROI)	107
7.4.3. Pay Out Time (POT)	107
7.4.4. Break Even Point (BEP)	108
7.4.5. Shut Down Point (SDP)	108
7.5. Hasil Perhitungan	109
7.5.1. Capital Investment	109
7.5.2. Production Cost	110
7.5.3. Analisa Kelayakan	113
DAFTAR PUSTAKA	116
LAMPIRAN A REAKTOR	117
LAMPIRAN B	142
LAMPIRAN C	155

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Data Impor Ethylenediamine di Indonesia (BPS, 2022).....	2
Tabel 1. 2.Data Impor Ethylenediamine di Luar Negeri (UN Data, 2022).....	3
Tabel 1. 3. Rata-rata Pertumbuhan Impor Ethylenediamine di Luar Negeri	3
Tabel 1. 4. Pabrik Ethylenediamine di Dunia (Mc.Ketta, 1986)	4
Tabel 1. 5. Perbandingan Proses Pembuatan Ethylenediamine.....	10
Tabel 1. 6. Perbandingan Proses Pembuatan Ethylenediamine (lanjutan).....	11
Tabel 2. 1. Nilai Delta Hr Komponen (Yaws, 1999)	19
Tabel 2. 2. Nilai ΔG_{of} Komponen (Yaws, 1999)	19
Tabel 2. 3. Neraca Massa di Vaporizer.....	22
Tabel 2. 4. Neraca Massa di Reaktor	22
Tabel 2. 5. Neraca Massa di Reaktor	23
Tabel 2. 6. Neraca Massa di Absorber	24
Tabel 2. 7. Neraca Massa Over All	24
Tabel 2. 8. Neraca Panas di Vaporizer	25
Tabel 2. 9. Neraca Panas di Reaktor	26
Tabel 2. 10. Neraca Panas di Kondensor	26
Tabel 2. 11. Neraca Panas di Reaktor	26
Tabel 2. 12. Neraca Panas Over All.....	26
Tabel 2. 13. Perincian Luas Lahan Pabrik.....	30
Tabel 3. 1. Spesifikasi Alat Tangki Penyimpanan	33
Tabel 3. 2. Spesifikasi Alat Pompa 01-05	34
Tabel 3. 3. Spesifikasi Alat Pompa 06-10	35
Tabel 3. 4. Spesifikasi Alat Vaporizer	36
Tabel 3. 5. Spesifikasi Alat Separator	37
Tabel 3. 6. Spesifikasi Alat Compressor	37
Tabel 3. 7. Spesifikasi Alat Reaktor.....	38
Tabel 3. 8. Spesifikasi Alat Flash Drum.....	39
Tabel 3. 9. Spesifikasi Alat Menara Destilasi.....	40
Tabel 3. 10. Spesifikasi Alat Heat Exchanger	41
Tabel 3. 11. Spesifikasi Alat Cooler.....	43

Tabel 3. 12. Spesifikasi Alat Condenser	44
Tabel 3. 13. Spesifikasi Alat Reboiler.....	44
Tabel 3. 14. Spesifikasi Alat Accumulator	45
Tabel 3. 15. Spesifikasi Alat Expansion Valve	45
Tabel 4. 1. 5.Kebutuhan Air untuk Unit Pengolahan Limbah	51
Tabel 4. 2. Peralatan Utama.....	51
Tabel 4. 3. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan Area Pabrik	52
Tabel 4. 4. Total Kebutuhan Listrik Pabrik	53
Tabel 4. 5. Generator.....	53
Tabel 4. 6. Kalor bahan bakar.....	55
Tabel 4. 7. Kapasitas tangka	56
Tabel 4. 8. Peralatan Pendukung	56
Tabel 4. 9. Ringkasan Unit Pengadaan Bahan Bakar	57
Tabel 4. 10. Sistem Penyimpanan dan Distribusi	58
Tabel 4. 11. Ringkasan Spesifikasi Unit Udara Tekan.....	58
Tabel 4. 12. Alat Utama Pada Laboratorium	60
Tabel 5. 1. Jadwal Kerja Untuk Setiap Regu.....	83
Tabel 5. 2. Penggolongan Jabatan.....	83
Tabel 5. 3. Perincian Jumlah Karyawan.....	86
Tabel 5. 4. Perincian Golongan Dan Gaji	88
Tabel 5. 5. Analisis Unit Troubleshooting Pabrik Ethylenediamine.....	94
Tabel 7. 1. Chemical Engineerng Plant Cost Index (CEPCI).....	98
Tabel 7. 2. Kapasitas Produksi	100
Tabel 7. 3. Total Biaya Physical Plant Cost (PPC)	109
Tabel 7. 4.Total Biaya Working Capital (WC)	110
Tabel 7. 5. Total Biaya Direct Manufacturing Cost (DMC).....	110
Tabel 7. 6. Total Biaya Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	111
Tabel 7. 7. Total Biaya Fixed Manufacturing Cost (FMC)	112
Tabel 7. 8 Total Biaya General Expense (GE)	112
Tabel 7. 9. Analisa Kelayakan Ekonomi	113
Tabel 7. 10. Neraca Massa Reaktor	120
Tabel 7. 11. Umpan Yi Masuk Reaktor 1	124

Tabel 7. 12. Data Viskositas Umpan Masuk Reaktor	125
Tabel 7. 13. Perhitungan Viskositas Umpan Masuk Reaktor (lanjutan)	125
Tabel 7. 14. Data Konduktivitas Umpan Masuk Reaktor	126
Tabel 7. 15. Perhitungan Konduktivitas Umpan Reaktor	126
Tabel 7. 16. Data Kapasitas Panas Umpan Reaktor 1	127
Tabel 7. 17. Perhitungan Kapasitas Panas Campuran Gas Reaktor.....	127
Tabel 7. 18. Perhitungan Kapasitas Panas Campuran Gas.....	128
Tabel 7. 19. Data Panas Reaksi Reaktor	128
Tabel 7. 20. Perhitungan Panas Reaksi Reaktor	129
Tabel 7. 21. Ukuran Pipa Standar	130
Tabel 7. 22. Hasil Perhitungan Metode Range-Kutta 1	139
Tabel 7. 23. Resume Hasil.....	141
Tabel 7. 24. Komposisi Umpan dan Sifat Fisis	142
Tabel 7. 25. Hasil Penentuan Suhu Operasi	146
Tabel 7. 26. Neraca Massa dalam kmol/jam	146
Tabel 7. 27. Neraca Massa dalam kg/jam	147
Tabel 7. 28. Neraca Massa	147
Tabel 7. 29. Data Kapasitas Panas Liquid.....	148
Tabel 7. 30. Data Kapasitas Dingin Liquid	148
Tabel 7. 31. Data Entalpi Penguapan.....	149
Tabel 7. 32. Data Neraca Panas Total	149
Tabel 7. 33. Neraca Massa dengan Pembagian Output.....	149
Tabel 7. 34. Nilai Fraksi Bottom dan Distilat dengan Berat Molekul	150
Tabel 7. 35. Data-Data Densitas	150
Tabel 7. 36. Nilai Fraksi Bottom dan Distilat dengan Densitas	150
Tabel 7. 37. Karakteristik Ellipsoidal Head	153
Tabel 7. 38. Umpan Masuk Menara (F)	156
Tabel 7. 39. Hasil Atas Menara (D)	156
Tabel 7. 40. Hasil Bawah Menara (B)	156
Tabel 7. 41. Komponen Air, EDA, MEA	157
Tabel 7. 42. Viskositas Top.....	159
Tabel 7. 43. Viskositas Bottom.....	159

Tabel 7. 44. Kondisi Operasi Atas	161
Tabel 7. 45. Kondisi Operasi Umpan.....	161
Tabel 7. 46.Kondisi Operasi Bawah	161
Tabel 7. 47.Panjang weir.....	163
Tabel 7. 48. Hasil Perhitungan Pipa.....	172

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1.Reaksi pembuatan EDA dari MEA dan ammonia	18
Gambar 2. 2. Diagram Alir Neraca Massa	25
Gambar 2. 3. Diagram Alir Neraca Panas	27
Gambar 2. 4. Diagram Alir Proses.....	28
Gambar 2. 6 Layout Pabrik Ethylenediamine	31
Gambar 2. 5. Lay Out Pabrik	31
Gambar 5. 1. Bagan Struktur Organisasi.	77
Gambar 7. 1. Grafik Hubungan Tahun Dengan Chemical Engineering Plant Cost Index	99
Gambar 7. 2. Ringkasan Hasil Heat Exchanger	141
Gambar 7. 3. Flash Drum.....	143
Gambar 7. 4. Menara Distilasi.....	155

INTISARI

Pra-rancangan Pabrik Ethylenediamine berkapasitas 22.000 ton/tahun dirancang untuk memenuhi peningkatan kebutuhan dalam negeri yang masih bergantung pada impor serta memiliki peluang ekspor. Bahan baku yang digunakan adalah amonia dari Pupuk Kaltim dan monoethanolamine dari Funshun Beifhang Chemical Co., China, dengan lokasi pabrik di Karawang International Industrial City (KIIC). Ethylenediamine diproduksi melalui reaksi amonia dan monoethanolamine menggunakan katalis Raney Nickel dalam reaktor fixed bed multitube pada kondisi adiabat-isothermal (265°C dan 33 atm). Produk reaksi selanjutnya dipisahkan di flash drum untuk mendaur ulang amonia, kemudian dimurnikan melalui menara distilasi hingga diperoleh produk ethylenediamine. Produk ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pestisida, industri pulp dan kertas, aditif pelumas dan bahan bakar, serta pembuatan perekat dan pelapis. Hasil produk *Ethylenediamine* dialirkan menuju *Ammonia* penyimpanan (T-04), sedangkan hasil atas air di bawah menuju unit pengolahan limbah (UPL) untuk pengolahan lebih lanjut. Hasil bawah Menara Destilasi (MD-01) yang berupa *Monoethanolamine* dialirkan menuju *Ammonia* penyimpanan (T-03) yang dapat diolah Kembali ataupun dijual. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pabrik *Ethylenediamine* ini merupakan Pabrik dengan risiko yang tinggi. Modal tetap sebesar Rp 336.159.893.051 dan modal kerja sebesar Rp.686.220.002.033. Analisis ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp. 151.123.720.333/tahun dan setelah dipotong pajak 30% keuntungan mencapai 105.786.604.233/tahun. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 44,96% dan setelah pajak 31,47%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,89 tahun dan sesudah pajak 2,53 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar sebesar 52,29% kapasitas dan *Break Even Point* (SDP) sebesar 41,67% kapasitas. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 39,75%. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi tersebut, dapat disimpulkan bahwa Pabrik *Ethylenediamine* dan *Monoethanolamine* dan *Ammonia* dengan kapasitas 22.000 Ton/Tahun ini layak untuk didirikan dan dikaji lebih lanjut karena masih memenuhi syarat.

Keywords: *Ethylenediamine, Amylonisis, Monoethanolamine, Fixed Bed Multitube*

SUMMARY

The preliminary design of an Ethylenediamine plant with a production capacity of 22,000 tons/year is proposed to meet the increasing domestic demand, which is still largely dependent on imports, while also taking advantage of export opportunities. The plant uses ammonia supplied by Pupuk Kaltim and monoethanolamine obtained from Funshun Beifhang Chemical Co., China. The plant is planned to be located in the Karawang International Industrial City (KIIC). Ethylenediamine is produced through the reaction of ammonia and monoethanolamine using a Raney Nickel catalyst in a fixed-bed multitube reactor under adiabatic-isothermal conditions at 265°C and 33 atm. Ethylenediamine is widely used as a raw material for pesticides, the pulp and paper industry, lubricant and fuel additives, as well as adhesives and coating materials. The purified ethylenediamine product is transferred to the product storage tank (T-04), while the overhead water stream is directed to the wastewater treatment unit (WWTU) for further processing. The bottom product from the first distillation column (MD-01), consisting primarily of monoethanolamine, is sent to the monoethanolamine storage tank (T-03) for recycling or commercial sale. Based on the operating conditions, the Ethylenediamine plant is classified as a high-risk chemical plant. The total fixed capital investment is IDR 336,159,893,051, with working capital amounting to IDR 686,220,002,033. The economic evaluation indicates an annual profit before tax of IDR 151,123,720,333 and an annual profit after a 30% tax deduction of IDR 105,786,604,233. The Return on Investment (ROI) is 44.96% before tax and 31.47% after tax. The Pay Out Time (POT) is 1.89 years before tax and 2.53 years after tax. The Break-Even Point (BEP) is 52.29% of production capacity, while the Shut-Down Point (SDP) is 41.67% of production capacity. The Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is 39.75%. Based on these economic indicators, it can be concluded that the preliminary design of the Ethylenediamine plant using monoethanolamine and ammonia with a capacity of 22,000 tons/year is economically feasible and worthy of further development.

Keywords: Ethylenediamine, Ammonolysis, Monoethanolamine, Fixed-Bed Multitube