

**DESAIN PROYEK PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA
DAN AIR DENGAN PROSES HIDRASI KATALITIK
KAPASITAS 350.000 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:

MILA HARDIANA

40040117640049

**PRODI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

**DESAIN PROYEK PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DAN AIR
DENGAN PROSES HIDRASI KATALITIK KAPASITAS 350.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik**

Disusun Oleh:

Mila Hardiana

40040117640049

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 1 Desember 2022

Dosen Pembimbing,

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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Mila Hardiana
NIM : 40040117640049
Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Desain Proyek Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dan Air
Dengan Proses Hidrasi Katalitik Kapasitas 350.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi S.Tr-Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya didampingi 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 dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Semarang, 1 Desember 2022



Mila Hardiana
NIM. 40040117640049

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia Nya sehingga tugas akhir desain proyek pabrik dengan judul “Desain Proyek Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dan Air Dengan Proses Hidrasi Katalitik Kapasitas 350.000 Ton/Tahun” dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun dengan tujuan pemenuhan syarat Program Sarjana Terapan di Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro. Dalam penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara moral maupun material. Oleh karena itu penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah mengabulkan doa saya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir Desain Proyek Pabrik
2. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M. Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh Pendidikan di Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri.
3. Mohammad Endy Yulianto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk melakukan magang.
4. Fahmi Arifan, ST, M. Eng. selaku Dosen Wali Kelas 2017 A serta Anggun Puspitarini Siswanto selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, serta mendukung secara material dan moral selama proses penyusunan laporan tugas akhir desain proyek pabrik.
5. Seluruh dosen, tenaga kependidikan, dan staff administrasi Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri yang telah memberikan kelancaran selama menjalani perkuliahan.
6. Kedua Orang tua saya dan kakak penyusun yang selalu memberikan semangat, doa, dan dukungan baik moral maupun moril dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Teman – Teman TRKI 2017 (Tennessee), yang selalu memberi motivasi, semangat, dan berproses bersama selama menjalani masa perkuliahan ini.

8. *Last but not least, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for tryna do more right than wrong, and being me at all time.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	xi
INTISARI	xii
SUMMARY	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	1
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	6
1.4 Tinjauan Proses	9
BAB II DESKRIPSI PROSES.....	16
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	16
2.2. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk	17
2.3. Konsep Proses	20
2.4. Diagram Alir Proses	29
2.5. Neraca Massa dan Neraca Panas	30
2.6. Tata Letak Pabrik dan Peralatan.....	36
BAB III SPESIFIKASI ALAT UTAMA.....	43
3.1. Unit Penyimpanan	43
3.2. Unit Pemindah	46
3.3. Unit Penukar Panas.....	47
3.4. Unit Reaksi	49
3.5. Unit Pemisah	50

BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES	53
4.1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air	53
4.2. Unit Pengolahan Air Sungai	56
4.3. Unit Pengadaan Listrik	64
4.4. Unit Pengadaan Steam (Boiler)	68
4.5. Unit Pengadaan Udara Tekan	70
4.6. Laboratorium	70
4.7. Unit Pengolahan Limbah	72
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN	74
5.1 Bentuk Perusahaan	74
5.2 Struktur Organisasi dan Deskripsi Tugas	76
5.3. Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan	82
5.4. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji	84
5.5. Kesejahteraan Karyawan	87
5.6. Corporate Social Responsibility (CSR)	88
BAB VI TROUBLESHOOTING	91
6.1 Analisa HAZOP di Tahap Penyimpanan Bahan Baku dan Penyimpanan Produk	92
6.2 Analisa HAZOP di Tahap Preparasi Bahan Baku	99
6.3 Analisa HAZOP di Tahap Pembentukan	104
6.4 Analisa HAZOP di Tahap Separasi dan Pemurnian Produk	110
BAB VII ANALISA EKONOMI	113
7.1. Perkiraan Harga Peralatan	114
7.2. Dasar Perhitungan	116
7.3. Perhitungan Biaya	116
7.4. Analisa Kelayakan	122
7.5. Hasil Perhitungan	124
DAFTAR PUSTAKA	130
LAMPIRAN A	A-1
LAMPIRAN B	B-1

LAMPIRAN C C-1
LAMPIRAN D D-1

DAFTAR TABEL

Table 1.0.1 Kapasitas Pabrik Etilen Oksida di ASEAN	1
Table 1.0.2 Data Ekspor, Impor, dan Kebutuhan Etilen Glikol Dalam Negeri	3
Table 1.0.3 Proyeksi kebutuhan Etilen Glikol dalam Negeri	4
Table 1.0.4 Data Produsen Pabrik Etilen Glikol di Dunia	5
Table 1.0.5 Tingkat Pengangguran Terbuka di Indonesia Menurut Provinsi	8
Table 1.0.6 Perbandingan Proses Pembuatan Etilen Glikol	15
Table 2.0.1 Harga Gibbs (ΔG_f°) dan entalpi standar (ΔH_f°).....	21
Table 2.0.2 Neraca Massa di Sekitar Reaktor (R-101)	30
Table 2.0.3 Neraca massa disekitar Evaporator E-101	30
Table 2.0.4 Neraca massa disekitar Evaporator E-102	31
Table 2.0.5 Neraca massa disekitar Evaporator E-103	31
Table 2.0.6 Neraca Massa Tangki Penampung Tp-01	31
Table 2.0.7 Neraca Massa Stripper (S-01).....	32
Table 2.0.8 Neraca Massa Distilasi D-01	32
Table 2.0.9 Neraca Massa Distilasi D-02	32
Table 2.0.10 Neraca Massa Mixer (M-01).....	33
Table 2.0.11 Neraca Panas Reaktor (R-01)	33
Table 2.0.12 Neraca Panas Evaporator (E-101).....	33
Table 2.0.13 Neraca Panas Evaporator (E-102).....	34
Table 2.0.14 Neraca Panas Evaporator (E-103).....	34
Table 2.0.15 Neraca Panas Surface Condensor (CD-01).....	34
Table 2.0.16 Neraca Panas Stripper (S-01).....	34
Table 2.0.17 Neraca Panas Kolom Distilasi 1 (D-101)	34
Table 2.0.18 Neraca Panas Kolom Distilasi 2 (D-102)	35
Table 2.0.19 Neraca Panas Cooler 1 (Co-01)	35
Table 2.0.20 Neraca Panas Cooler 2 (Co-02)	35
Table 2.0.21 Neraca Panas Cooler 3 (Co-03)	35
Table 2.0.22 Neraca Panas Cooler 4 (Co-04)	36
Table 2.0.23 Neraca Panas Tangki Penampung (Tp-01)	36

Table 2.0.24 Neraca Panas Mixer (M-101)	36
Table 2.0.25 Perincian luas tanah dan bangunan	39
Table 3.0.1 Ringkasan tangki penyimpanan	43
Table 3.0.2 Ringkasan Spesifikasi Tangki Harian	45
Table 3.0.3 Ringkasan spesifikasi pompa	47
Table 3.0.4 Ringkasan spesifikasi heat exchanger	48
Table 3.0.5 Ringkasan spesifikasi reaktor	50
Table 3.0.6 Ringkasan spesifikasi distilasi	51
Table 4.0.1 Syarat Mutu Air Proses	53
Table 4.0.2 Syarat air pendingin	54
Table 4.0.3 Syarat Air Umpan Boiler	55
Table 4.0.4 Kebutuhan Air Pendingin	61
Table 4.0.5 Kebutuhan Air sebagai Umpan Boiler	62
Table 4.0.6 Kebutuhan Air saat Start Up	64
Table 4.0.7 Kebutuhan Air saat Operasi Normal	64
Table 4.0.8 Kebutuhan Listrik Proses	64
Table 4.0.9 Kebutuhan Listrik untuk Pengolahan Air Pada Utilitas	65
Table 4.0.10 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan Indoor	66
Table 4.0.11 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan Outdoor	66
Table 4.0.12 Luas Ruang yang memerlukan AC	67
Table 4.0.13 Total Kebutuhan Listrik	68
Table 5.0.1 Kelebihan dan Kekurangan Perseroan Terbatas (PT)	75
Table 7.0.1 Index CEPCI Tahun 1996-2019	114
Table 7.0.2 Total Physical Plant Cost (PPC)	124
Table 7.0.3 Total Direct Plant Cost (DPC)	125
Table 7.0.4 Total Fixed Capital Investment (FCI)	125
Table 7.0.5 Total Working Capital Investment (WCI)	125
Table 7.0.6 Total Capital Investment (TCI)	125
Table 7.0.7 Total Direct Manufacturing (DMC)	126
Table 7.0.8 Total Indirect Manufacturing Cost (IMC)	126
Table 7.0.9 Total Fixed Manufacturing Cost (FMC)	126

Table 7. 0.10 Total Manufacturing Cost (TMC).....	127
Table 7.0.11 Total General Expense (GE).....	127
Table 7.0.12 Total Biaya Produksi (Production Cost).....	127
Table 7.0.13 Analisa kelayakan ekonomi	128

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Pendekatan Kebutuhan per tahun dengan data import per tahun	4
Gambar 1.2 Lokasi Pabrik Etilen Glikol.....	7
Gambar 1.3 Diagram Alir Produksi Etilen Glikol (A) Reaktor, (B) Kolom.....	11
Gambar 1.4 Diagram Alir Produksi Etilen glikol Proses Hidrasi Etilen	13
Gambar 3. 1 Tangki Penyimpanan.....	43
Gambar 3.2 Tangki Penyimpanan Harian.....	44
Gambar 3.3 Pompa.....	46
Gambar 3.4 Heat Exchanger	47
Gambar 3.5 Reaktor	49
Gambar 3.6 Distilasi	50
Gambar 4.1 Blok Diagram Pengolahan Air	55
Gambar 7.1 Hubungan Tahun dengan Plant Cost Index.....	115
Gambar 7.2 Analisa kelayakan ekonomi	128

INTISARI

Di Indonesia sebagian besar etilen glikol di gunakan sebagai bahan baku industri polyester, selain itu etilen glikol di gunakan juga sebagai bahan baku pewarna celup, pelarut, resin alkid, bahan pengencer cat atau thinner, tinta, foam stabilizer. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, maka dirancang pabrik etilen glikol berkapasitas 350.00 ton/tahun. Yang akan didirikan di Industrial Karawang New City (KNIC) pada tahun 2025.

Etilen glikol di produksi menggunakan metode hidrasi katalitik dengan bahan baku etilen oksida dan air pada kondisi operasi 10 atm suhu 50°C pada fix bed reactor kondisi adiabatic. Rasio mol antara air dan etilen oksida adalah 1:8 dan konversi etilen oksida 99,9% reaksi eksotermis dan berfasa cair. Umpan etilen oksida mempunyai kemurnian 99,9%. Proses pembuatan meliputi penyiapan bahan baku etilen oksida dan air sehingga sesuai dengan kondisi operasi kemudian reaksi hidrasi katalitik dan pemurnian produk. Pemurnian produk meliputi penguapan sejumlah air pada produk reactor menggunakan evaporator serta pemekatan produk menggunakan menara distilasi untuk mencapai kemurnian spesifikasi produk.

Alat utama yang digunakan dalam proses antara lain tangki penyimpanan bahan baku dan produk, reactor fixed bed catalitic, heat exchanger, evaporator dan menara distilasi. Sedangkan alat untuk pendukung proses antara lain pompa, kondensor, reboiler.

Unit pendukung proses atau yang dikenal sebagai utilitas yang digunakan dalam pabrik ini antara lain unit penyediaan dan pengolahan air, unit penyediaan steam, unit pembangkit tenaga listrik, unit penyediaan bahan bakar, unit penyedia udara tekan, unit pengolahan limbah, unit laboratorium dan unit pengolahan limbah.

Bentuk pabrik Etilen Glikol berbentuk PT (Perseroan Terbatas) dengan status perusahaan terbuka yang mendapatkan modal dari penjualan saham dan tiap pemegang saham mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Kekuasaan tertinggi PT dipegang oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) dan setiap pemegang saham memiliki hak suara dalam rapat umum.

Pada desain proyek pembuatan pabrik etilen glikol ini dibuat evaluasi serta penilaian investasi. Dari hasil perhitungan Analisa kelayakan maka diperoleh *Percent Profit on Sales* sebelum pajak adalah 21,56 % dan sesudah pajak adalah 16 % *Percent Return On Investment* sebelum pajak adalah 92,89 % dan sesudah pajak adalah 69,67 % *Pay Out Time* didapat berdasarkan perhitungan yaitu 5 tahun. Dengan trial IRR didapat 56 % *Break Event Point* pabrik adalah 37,98% dari kapasitas produksi. *Shut Down Point* pabrik adalah 10,99 % Dari kapasitas produksi.

kata kunci : *etilen glikol, dietilen glikol, trietilen glikol, hidrasi katalitik*

SUMMARY

In Indonesia, most of the ethylene glycol is used as a raw material for the polyester industry. Besides that, ethylene glycol is also used as a raw material for dyes, solvents, alkyd resins, paint thinner, ink, and foam stabilizer. To meet domestic demand, an ethylene glycol plant with a capacity of 350,000 tons per year was designed, which will be established in Industrial Karawang New City (KNIC) in 2025.

Ethylene glycol is produced using the catalytic hydration method with ethylene oxide and water as raw materials at 10 atm operating conditions at 50 °C in an adiabatic fixed bed reactor. The mole ratio between water and ethylene oxide is 1:8, the conversion of ethylene oxide is 99.9% exothermic, and the reaction is in the liquid phase. The ethylene oxide feed is 99.9% pure.

The manufacturing process includes preparing the raw materials for ethylene oxide and water so that they are suitable for operating conditions, followed by catalytic hydration reactions and product purification. Product purification includes the evaporation of a certain amount of water in the reactor product using an evaporator and product concentration using a distillation tower to achieve product specification purity.

The main tools used in the process include storage tanks for raw materials and products, fixed-bed catalytic reactors, heat exchangers, evaporators, and distillation towers. While the tools to support the process include pumps, condensers, and reboilers. Process support units, known as utilities in this plant, include water supply and treatment units, steam supply units, power generation units, fuel supply units, compressed air supply units, waste treatment units, laboratory units, and waste treatment units.

The Ethylene Glycol factory is organized as a PT (limited liability company) with the status of a public company, and each shareholder subscribes for one or more shares. The supreme power of the PT is held by the General Meeting of Shareholders (GMS), and each shareholder has voting rights at the general meeting.

In the project design of the ethylene glycol manufacturing plant, an evaluation and investment assessment were made. From the results of the feasibility analysis calculation, the percent profit on sales before tax is 21.56% and after tax is 16%. The percent return on investment before tax is 92.89%, and after tax, it is 69.67%. Payout time is obtained based on calculations, namely after 5 years. With the IRR trial, it was determined that 56% of the factory's break event point was 37.98% of production capacity. The factory shut-down point is at 10.99% of production capacity.

Keywords: ethylene glycol, diethylene glycol, triethylene glycol, catalytic hydration.