

**PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA
DAN AIR DENGAN KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Kimia Industri
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

ALMIRA GENY MAHENDRA
MUH. ALIF AL GANY

NIM. 432 210 04
NIM. 432 210 17

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul “**Pra rancangan Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida dan Air Kapasitas 70.000 Ton/Tahun**” oleh Almira Geny Mahendra dengan NIM 432 21 004 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 6 Oktober 2025

Mengesahkan,

Pembimbing I


Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng
NIP. 19730409 200312 2 002

Pembimbing II


M. Ilham Nurdin, S.T., M.T
NIP. 19930311 211903 1 018

Mengetahui,

a.n Direktur

Ketua Jurusan Teknik Kimia


Wahyu Budi Utomo, IPND., M.Sc
NIP. 19650320 199202 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul **“Pra rancangan Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida dan Air Kapasitas 70.000 Ton/Tahun”** oleh Muh. Alif Al Gany dengan NIM 432 21 017 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 6 Oktober 2025

Mengesahkan,

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng
NIP. 19730409 200312 2 002


M. Ilham Nurdin, S.T., M.T
NIP. 19930311 211903 1 018

Mengetahui,

a.n Direktur

Ketua Jurusan Teknik Kimia


Wahyu Budi Utomo, FND., M.Sc
NIP. 19650320 199202 1 001

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
SURAT PERNYATAAN.....	xv
RINGKASAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	2
1.2.1 Kebutuhan Etilen Glikol di Indonesia	2
1.2.2 Kapasitas Pabrik Etilen Glikol Komersial.....	6
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku.....	7
1.2.4 Penentuan Kapasitas Pabrik	7
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik	9
1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku.....	10
1.3.2 Sumber Tenaga Kerja	10
1.3.3 Utilitas Pabrik.....	11
1.3.4 Sarana Transportasi	11
1.3.5 Kebijakan Pemerintah.....	11
1.4 Tinjauan Pustaka.....	12
1.4.1 Etilen Oksida (Bahan Baku).....	12
1.4.2 Etilen Glikol (Produk Utama)	13

1.4.3 Reaksi Pembentukan Etilen Glikol.....	13
1.4.4 Proses Pembuatan Etilen Glikol	14
BAB II DESKRIPSI PROSES	21
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	21
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Penunjang	21
2.1.2 Air (Bahan Baku Penunjang).....	22
2.1.3 Etilen Glikol (Produk Utama)	22
2.1.4 Dietilen Glikol (Produk Samping).....	23
2.1.5 Trietilen Glikol (Produk Samping).....	24
2.2 Konsep Proses	25
2.2.1 Dasar Reaksi.....	25
2.2.2 Kondisi Operasi	26
2.2.3 Tinjauan Termodinamika.....	27
2.3 Langkah Proses.....	29
2.3.1 Persiapan Bahan Baku	29
2.3.2 Tahap Sintesis Etilen Glikol	30
2.3.3 Tahap Pemisahan Produk.....	31
2.3.4 Tahap Pemurnian Produk.....	31
BAB III NERACA MASSA	34
3.1 Neraca Massa Total	34
3.2 Neraca Massa Tiap Alat.....	36
3.2.1 Reaktor (R-201).....	36
3.2.2 Evaporator (E-140).....	37
3.2.3 Evaporator (E-150).....	38
3.2.4 Menara Destilasi (MD-160).....	39
3.2.5 Kondensor (CD-161).....	39
3.2.6 Reboiler (RB-171).....	40
BAB IV NERACA PANAS	42
4.1 Heater (H-113)	42
4.2 Heater (H-123)	43
4.3 Reaktor (R-210).....	43

4.4 Cooler (C-134).....	44
4.5 Evaporator (E-140).....	45
4.6 Evaporator (E-150).....	45
4.7 Heater (H-153)	46
4.8 Menara Destilasi (MD-160).....	47
4.9 Cooler (C-165).....	48
4.10 Cooler (C-174).....	49
BAB V SPESIFIKASI ALAT	50
5.1 Tangki (T-110).....	50
5.2 Tangki (T-120).....	50
5.3 Heater (H-123)	51
5.4 Heater (H-113)	52
5.5 Reaktor (R-130).....	52
5.6 Expansion Valve (EV-131).....	53
5.7 Cooler (C-134)s	53
5.8 Evaporator (E-140).....	54
5.9 Evaporator (E-150).....	55
5.10 Heater (H-153)	56
5.11 Menara Destilasi (MD-160).....	57
5.12 Cooler (C-165 A).....	59
5.13 Cooler (C-165 B).....	60
5.14 Cooler (C-174 A).....	61
5.15 Cooler (C-174 B).....	61
5.16 Tangki (T-180).....	62
5.17 Tangki (T-190).....	63
5.18 Pompa (P-121).....	63
5.19 Pompa (P-111).....	64
5.20 Pompa (P-132).....	64
5.21 Pompa (P-151).....	65
5.22 Pompa (P-163).....	65
5.23 Pompa (P-166).....	66

5.24 Pompa (P-169).....	66
5.25 Pompa (P-172).....	67
5.26 Pompa (P-175).....	67
5.27 Pompa (P-178).....	68
5.28 Pompa (P-181).....	68
5.29 Pompa (P-191).....	69
BAB VI UNIT PENDUKUNG PROSES.....	70
6.1 Unit Pendukung Proses.....	70
6.1.1 Unit Pengadaan Air.....	70
6.1.2 Unit Pengadaan Steam.....	81
6.1.3 Unit Pengadaan Udara Tekan	82
6.1.4 Unit Pengadaan Listrik.....	83
6.1.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar	89
6.1.6 Unit Pengolahan Limbah.....	91
6.2 Laboratorium	93
6.2.1 Laboratorium fisik	94
6.2.2 Laboratorium Analitik	94
6.2.3 Laboratorium Penelitian dan Pengembangan	95
BAB VII INSTRUMENTASI, KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA .	96
7.1 Instrumentasi	96
7.2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).....	98
7.3 Keselamatan Kerja.....	98
7.4 Identifikasi Bahaya dan Job Safety Analysis (JSA).....	104
7.5 Kesehatan Kerja.....	107
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI.....	108
8.1 Organisasi Perusahaan	108
8.1.1 Bentuk Perusahaan	108
8.1.2 Struktur Organisasi dan Deskripsi Tugas	109
8.2 Kualifikasi dan Gaji Karyawan.....	117
8.3 Jam Kerja Karyawan	120
BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN PEMETAAN	122

9.1 Tata Letak Pabrik.....	124
9.1.1 Tata Letak Area Pabrik	124
9.2 Tata Letak Mesin/Alat Proses (Machine Layout)	127
BAB X ANALISA EKONOMI	130
10.1 Dasar Perhitungan Analisa Ekonomi.....	130
10.2 Estimasi Harga Peralatan.....	132
10.3 Estimasi Penanaman Modal Total (Total Capital Investment).....	134
10.3.1 Penanaman Modal Tetap (Fixed Capital Investment).....	134
10.3.2 Penanaman Modal Kerja (Working Capital Investment)	135
10.4 Estimasi Biaya Total Produksi.....	135
10.4.1 Biaya Total Manufacturing	135
10.4.2 Biaya Pengeluaran Umum (General Expense)	137
10.5 Analisis Profitabilitas.....	138
10.5.1 Estimasi Laba Tahunan.....	138
10.5.2 Kriteria Profitabilitas Non-discounted	139
10.5.3 Kriteria Profitabilitas Discounted	141
10.5.4 Kesimpulan Kriteria Profitabilitas	144
10.6 Evaluasi Risiko dan Perhitungan Profitabilitas	145
10.6.1 Break Event Point (BEP).....	145
10.6.2 Shut Down Point (SDP).....	146
BAB XI KESIMPULAN.....	148
DAFTAR PUSTAKA.....	149

PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN

RINGKASAN

Di Indonesia, 97,34% etilen glikol digunakan sebagai bahan baku industri poliester dan 2,66% digunakan sebagai bahan baku pewarna celup, pelumas, pelarut, resin alkid, bahan pengencer cat (thinner), tinta, foam stabilizer, produk kosmetik dan zat agen anti-beku. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, maka dirancang pabrik etilen glikol berkapasitas 70.000 ton/tahun yang akan didirikan di kawasan industri Krakatau, Cilegon, Banten pada tahun 2029. Etilen glikol diproduksi menggunakan metode hidrasi nonkatalitik dengan bahan baku etilen oksida dan air pada kondisi operasi 210°C dan 17 atm pada plug flow reaktor kondisi adiabatik. Rasio mol antara etilen oksida dan air adalah 1 : 2,5 dan konversi etilen glikol 94%, reaksi eksotermis dan berfase cair. Umpan berupa etilen oksida dengan kemurnian 99% berat sebanyak 56.860 ton/tahun, air 58.133 ton/tahun. Etilen glikol sebagai produk utama mempunyai kemurnian 99,88% berat dan dihasilkan sebanyak 70.000 ton/tahun dengan impuritas berupa dietilen glikol 8.701 ton/tahun. Produk samping berupa dietilen glikol dengan kemurnian 88% berat dan dihasilkan sebanyak 8.701 ton/tahun dengan impuritas berupa dietilen glikol 7.646 ton/tahun dan trietilen glikol 349 ton/tahun. Proses pembuatan meliputi penyiapan bahan baku etilen oksida dan air sehingga sesuai dengan kondisi operasi kemudian reaksi hidrasi non katalitik, dan pemurnian produk yang meliputi penguapan jumlah air pada produk reaktor menggunakan evaporator serta pemekatan produk menggunakan menara distilasi untuk mencapai kemurnian spesifikasi produk. Unit pendukung proses terdiri dari unit pengadaan air 353,753 m³/tahun, steam (548,15 K, 18,26 atm) 61.073 ton/tahun, penggunaan tenaga listrik 661 kw, penggunaan bahan bakar IDO (Industrial Diesel Oil) 4.651 m³/tahun, HSD (High Speed Diesel) 56,465 m³/tahun dan udara tekan (4 atm) 940.896 m³/tahun. Laboratorium pendukung pabrik terdiri dari 3 bagian yaitu fisik, analitis, dan R & D (Research and Development). Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi Line and Staff. Analisa ekonomi menunjukkan bahwa PBP sebelum dan sesudah pajak sebesar 1,27 tahun dan 1,38, BEP 48,61%, dan SDP 34,39%. Berdasarkan hasil evaluasi dari segi ekonomi pabrik etilen glikol ini dinyatakan layak untuk didirikan.

PRE DESIGN ETHYLENE GLYCOL PLANT CAPACITY 70.000 TON/TAHUN

SUMMARY

In Indonesia, 97.34% of ethylene glycol is used as a raw material in the polyester industry, while the remaining 2.66% is used as a raw material for dyes, lubricants, solvents, alkyd resins, paint thinners, inks, foam stabilizers, cosmetic products, and antifreeze agents. To meet domestic demand, a 70,000 tons/year ethylene glycol plant is planned to be established in the Krakatau Industrial Estate, Cilegon, Banten, in 2029. Ethylene glycol will be produced using the non-catalytic hydration method with ethylene oxide and water as raw materials, operating at 210 °C and 17 atm in an adiabatic plug flow reactor. The molar ratio of ethylene oxide to water is 1:2,5, with an ethylene glycol conversion of 94%. The reaction is exothermic and takes place in the liquid phase. The feed consists of 56,860 tons/year of ethylene oxide (99 wt% purity) and 58,133 tons/year of water. The main product, ethylene glycol, has a purity of 99.88 wt%, producing 70,000 tons/year with impurities consisting of 8.701 tons/year of diethylene glycol. The by-product, diethylene glycol, has a purity of 88 wt% and is produced at 8,701 tons/year, containing 7.646 tons/year of diethylene glycol and 349 tons/year of triethylene glycol. The production process includes the preparation of ethylene oxide and water to meet the operating conditions, followed by non-catalytic hydration reaction, and product purification involving the removal of water from the reactor product using an evaporator and product concentration using a distillation column to meet the specified product purity. The process utility system consists of water supply (353.753 m³/year), steam (548.15 K, 18.26 atm, 61,073 tons/year), electricity consumption (661 kW), industrial diesel oil (IDO) (4,651 m³/year), high-speed diesel (HSD) (56.465 m³/year), and compressed air (4 atm, 940,896 m³/year). The supporting laboratory facilities consist of three divisions: Physical Testing, Analytical Testing, and Research & Development (R&D). The selected company structure is a Limited Liability Company (PT) with a Line and Staff organizational structure. Economic analysis shows that the Payback Period (PBP) is 1.27 years before tax and 1.38 years after tax, with a Break-Even Point (BEP) of 48,61% and a Shutdown Point (SDP) of 34,39%. Based on the economic evaluation, the ethylene glycol plant is deemed feasible for establishment.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Etilen glikol ($C_2H_6O_2$) ialah senyawa kimia yang memiliki peran penting dalam berbagai sektor industri, terutama sebagai bahan baku dalam produksi serat poliester dan polyethylene terephthalate (PET). Produk berbasis PET banyak digunakan dalam industri tekstil, pembuatan botol plastik, serta kemasan makanan dan minuman. Etilen glikol juga berperan sebagai cairan pendingin dan antibeku dalam sistem otomotif serta digunakan sebagai pelarut dalam industri cat, tinta cetak, dan resin alkid (Samiraschem Indonesia, 2023).

Dalam produksi etilen glikol, etilen oksida (EO) merupakan bahan baku utama yang paling umum digunakan. Pemilihan etilen oksida dibandingkan bahan baku lainnya, seperti etanol atau asetaldehida, didasarkan pada efisiensi proses dan hasil produksi yang lebih tinggi. Proses hidrasi etilen oksida menghasilkan etilen glikol dengan kemurnian tinggi dan konversi yang optimal, sehingga lebih menguntungkan secara ekonomi dibandingkan rute produksi lainnya (Kiss & Pragt, 2018).

Permintaan etilen glikol di Indonesia terus meningkat seiring dengan perkembangan industri tekstil dan plastik. Pada tahun 2020, Indonesia tercatat mengimpor etilen glikol senilai USD 147 juta (Badan Pusat Statistik, 2021), menjadikannya sebagai salah satu negara pengimpor terbesar di dunia. Produksi dalam negeri belum mampu memenuhi kebutuhan pasar domestik, sehingga ketergantungan pada impor masih tinggi. Salah satu produsen etilen glikol di

Indonesia, PT Polychem Indonesia Tbk, hanya berkapasitas sekitar 233.600 ton/tahun.

Berdasarkan kondisi tersebut, pendirian pabrik etilen glikol berbasis etilen oksida di Indonesia menjadi langkah strategis untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor, memenuhi kebutuhan industri dalam negeri, serta meningkatkan nilai tambah bagi perekonomian nasional. Pabrik Etilen Glikol di Indonesia diharapkan dapat memperkuat industri petrokimia dalam negeri, menciptakan lapangan kerja, serta meningkatkan daya saing produk nasional di pasar global.

1.2 Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan oleh beberapa aspek, yaitu ekonomi, teknis, dan finansial, serta perhitungan kapasitas pabrik melalui beberapa analisis. Dalam konteks analisis kapasitas, terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan, antara lain kebutuhan produk yang mencerminkan tingkat permintaan, ketersediaan bahan baku dan teknologi produksi, serta perbandingan dengan kapasitas pabrik sejenis yang sudah beroperasi. Perhitungan kapasitas ditentukan oleh penawaran dan permintaan, di mana penawaran adalah jumlah impor dan produksi, sedangkan permintaan adalah jumlah ekspor dan konsumsi. Prediksi kebutuhan dilakukan dengan menentukan peluang, di mana peluang merupakan selisih antara permintaan dan penawaran.

1.2.1 Kebutuhan Etilen Glikol di Indonesia

Pabrik etilen glikol rencana didirikan pada tahun 2029, sehingga kebutuhan etilen glikol di Indonesia yang di tinjau dari data Badan Pusat Statistik

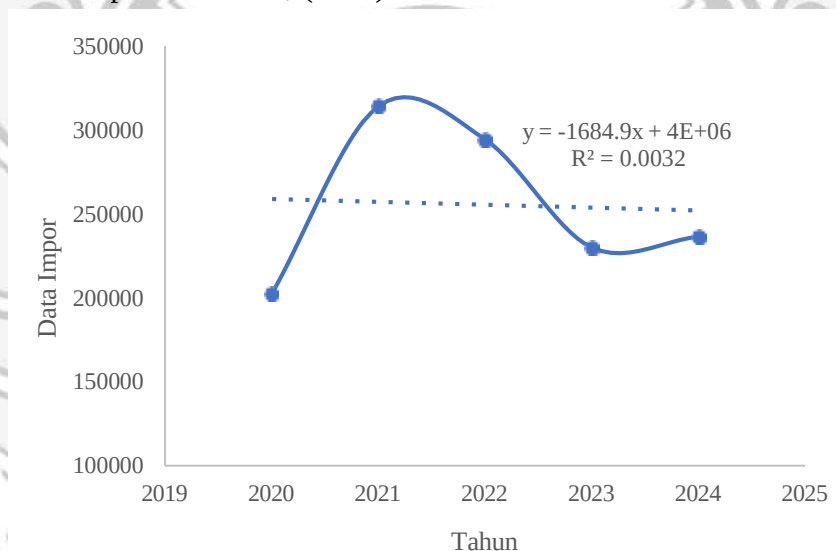
(BPS) diambil rentang tahun 2020-2024. Data impor dan ekspor Etilen Glikol ditunjukkan pada tabel 1 dan 2 :

- Impor Ethylene Glycol di Indonesia

Tabel 1.1 Data Impor Ethylene Glycol di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)	Pertumbuhan
2020	202741	0
2021	314346	0.36
2022	294370	(0.07)
2023	229993	(0.28)
2024	236493	0.03
Rata-rata Pertumbuhan		0.01

Sumber : Badan pusat statistik, (2025)



Gambar 1.1 Nilai Impor Etilen Glikol (Ton)

Jika nilai R-Square yang diperoleh kurang dari 0,9, metode interpolasi linier tidak dapat digunakan untuk menghitung kapasitas produksi, maka digunakan metode Discounted sesuai dengan Persamaan 1.1

$$M_{i2029} = m_{2024} \times (1 + i)^a \quad (1.1)$$

$$M_{i2029} = 236.493 \times (1 + 0,01)^{(2029-2024)}$$

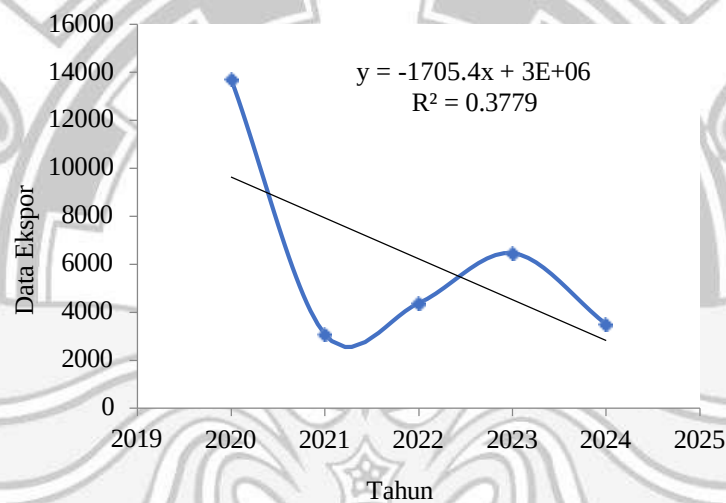
$$M_{i2029} = \mathbf{246.947 \text{ ton/tahun}}$$

- Ekspor Ethylene Glycol di Indonesia

Tabel 1.2 Data Ekspor Ethylene Glycol

Tahun	Ekspor (Ton)	Pertumbuhan
2020	13,718	0
2021	3,078	(3.46)
2022	4,380	0.30
2023	6,468	0.32
2024	3,496	(0.85)
Rata-rata Pertumbuhan		(0.92)

Sumber : Badan pusat statistik, 2025



Gambar 1.2 Nilai Ekspor Etilen Glikol (Ton)

Jika nilai R-Square yang diperoleh kurang dari 0,9, metode interpolasi linier tidak dapat digunakan untuk menghitung kapasitas produksi, maka digunakan metode Discounted sesuai dengan Persamaan 1.1

$$M_{e2029} = m_{2024} \times (1 + i)^a$$

$$M_{e2029} = 3.496 \times (1 - 0,92)^{(2029-2024)}$$

$$M_{e2029} = \mathbf{0,01 \text{ ton/tahun}}$$

- Produksi Ethylene Glycol di Indonesia

Menurut data dari PT. Polychem Indonesia, kapasitas produksi etilen glikol tercatat sebesar 233.600 ton per tahun.

- Konsumsi Ethylene Glycol di Indonesia

Penentuan kapasitas pabrik etilen glikol tidak terdapat data konsumsi sehingga untuk data konsumsi diambil dari data bahan baku polyester. Dimana, bahan baku polyester ini adalah etilen glikol dengan persentase 97,34. Data bahan baku polyester ini menggunakan data dari PT Indo-Rama Synthetics.

Tabel 1.3 Data Konsumsi Ethylene Glycol

Tahun	Konsumsi (Ton)	Pertumbuhan
2018	699,823	
2019	823,333	15.00
2020	744,458	(10.59)
2021	784,458	5.10
2022	974,603	19.51
Rata-rata Pertumbuhan		7.25

Sumber : PT Indo Rama Synthetics Tbk, 2023

$$M_{k2029} = m_{2022} \times (1 + i)^a$$

$$M_{k2029} = 974.603 \times (1 + 7,25 \%)^{(2029-2022)}$$

$$M_{k2029} = \mathbf{1591.173 \text{ ton/tahun}}$$

- Menghitung peluang kapasitas

Berdasarkan prediksi data produksi, konsumsi, ekspor dan impor pada tahun 2029, didapatkan, (Persamaan 1.2)

$$M_{\text{baru}} + (m_p + m_i) = (m_k + m_e) \quad (1.2)$$

Dimana: M_k = Kapasitas produksi pabrik baru (Ton)

M_e = Nilai ekspor (Ton)

M_p = Produksi pabrik dalam negeri (Ton)

M_i = Nilai impor (Ton)

Sehingga peluang kapasitas pabrik Etilen Glikol yang akan didirikan pada tahun 2029 yaitu:

$$M_{\text{baru}} = (m_k + m_e) - (m_p + m_i)$$

$$M_{2029} = (1591.173 + 0.01) - (233.600 + 246.947) \text{ ton/tahun}$$

$$M_{2029} = \mathbf{1.110.625 \text{ ton/tahun}}$$

1.2.2 Kapasitas Pabrik Etilen Glikol Komersial

Penentuan kapasitas pabrik etilen glikol memerlukan pertimbangan keberadaan pabrik serupa yang sudah beroperasi. Pertimbangan ini krusial karena, pada dasarnya, hanya pabrik yang mampu menghasilkan keuntungan yang dapat bertahan dalam jangka panjang. Dengan membandingkan kapasitas dan kinerja pabrik etilen glikol di berbagai negara, gambaran yang lebih realistis tentang kapasitas pabrik yang layak dan berpotensi menguntungkan dapat diperoleh. Adapun beberapa pabrik etilen glikol yang telah beroperasi beserta kapasitas produksinya dapat dilihat pada Tabel 1.4:

Tabel 1.4 Kapasitas Pabrik Etilen Glikol Komersial

Negara	Produsen	Kapasitas (ton/tahun)
AS	Formosa Plastics	915.000
Jerman	Clariant	100.000
Jerman	BASF	15.000
Italia	Eni Chem	5.000
Belanda	Shell Chemical	130.000
Inggris	Union Carbide	200.000
Indonesia	PT Polychem Indonesia Tbk	233.600
Jepang	Nippon Shokubai	210.000
Singapura	Singapura	125.00

Sumber : (Sya'adah 2016)

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Hingga saat ini, pabrik dengan produksi etilen oksida yang ada di Indonesia ada dua yaitu PT Prima Ethycolindo berkapasitas 22.000 ton/tahun (A RATNA K 2019) dan PT Polychem Indonesia Tbk berkapasitas 63.733 ton/tahun (Indoensia 2025). Total ketersediaan bahan baku Etilen Oksida yaitu sebanyak 85.733 ton/tahun.

1.2.4 Penentuan Kapasitas Pabrik

Ketersediaan bahan baku sebanyak 85.733 ton/tahun. Peluang kapasitas produksi pabrik Ethylene Glycol pada tahun 2029 yaitu **1.110.625** ton/tahun. Dari peluang kapasitas yang diperoleh diambil 6% dari bahan baku karna bahan baku etilen oksida digunakan juga pada PT Polychem Indonesia untuk memproduksi etoksilat dan etilen glikol.

$$\text{Kapasitas Produksi} = 6\% \times 1.110.625 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 70.066 \text{ ton/tahun}$$

Pabrik ini akan dibangun dengan kapasitas sebesar **70.000 ton/tahun** pada tahun 2029. Bahan baku yang dibutuhkan untuk membangun pabrik Etilen Glikol dengan kapasitas 70.000 ton/tahun dapat dilihat pada perhitungan dibawah:

$$\text{Kapasitas Pabrik} = 70.000 \text{ ton/tahun}$$

$$= 8.838,383 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Mol Etilen Glikol} = \frac{\text{Kapasitas Pabrik}}{\text{BM Etilen Glikol}}$$

$$= \frac{8.838,383 \text{ kg/jam}}{62.07 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 142,394 \text{ kmol/jam}$$

Kebutuhan Bahan baku Etilen Oksida

$$\text{Massa Etilen Oksida} = \frac{\text{Koef Etilen Oksida}}{\text{Koef Etilen Glikol}} \times \text{BM Etilen Oksida} \times \text{mol Etilen Glikol}$$

$$= \frac{1}{1} \times 44.05 \text{ kg/kmol} \times 142,394 \text{ kmol/jam}$$

$$= 6.272,447 \text{ kg/jam}$$

$$= 49.677 \text{ ton/tahun}$$

Tabel 1.5 Data Impor Etilen Glikol dari berbagai Negara

Tahun	Germany	Italy	Malaysia	Singapore	US	Total (ton/tahun)
2020	44	5.260	21.456	22.460	21	4.9241
2021	1.193	-	59.507	5.259	-	65.959
2022	902	-	54.225	9.100	16.923	81.150
2023	2.277	-	-	104	13	2.394
2024	403	-	54.500	4.723	3.934	63.560
Total						262.304

Sumber : Badan pusat statistik, 2025

Berdasarkan data maka diperoleh kesimpulan antara lain:

1. Pada Tabel 4, data kapasitas pabrik etilen glikol komersial yang telah berdiri pada rentang kapasitas sekitar 5.000 – 915.000 ton/tahun.
2. Bahan baku diperoleh di dalam negeri
3. Pengambilan total peluang sebanyak 7% ditinjau berdasarkan pabrik komersial yang telah berdiri, yaitu kapasitas produksi yang dipilih harus berada di rentan pabrik yang telah ada.
4. Kebutuhan etilen glikol dalam negeri masih bergantung dari impor.
5. Kebutuhan etilen glikol di negara lain cukup banyak dikarenakan etilen glikol menjadi salah satu bahan baku industri polyester dan sebagai cairan pendingin dan antibeku dalam sistem otomotif serta digunakan sebagai

pelarut dalam industri cat, tinta cetak, dan resin alkid dan pelarut untuk berbagai industri.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik



Gambar 1.3 Lokasi Rencana Pembangunan Pabrik

Sumber : GoogleEarth

Lokasi pabrik etilen glikol (EG) dari etilen oksida (EO) dipilih di Kawasan Industri Krakatau, Cilegon, Banten. Alasan utama pemilihan lokasi ini adalah kedekatannya dengan sumber bahan baku, yaitu PT Polychem Indonesia yang berada di Merak, Banten, yang hanya berjarak sekitar 10-20 km.

Segi regulasi, Kawasan Industri Krakatau telah dirancang untuk industri berat dan kimia, sehingga sesuai dengan kebutuhan perizinan seperti AMDAL dan pengelolaan limbah. Kawasan ini juga jauh dari pemukiman penduduk, mengurangi risiko dampak lingkungan dan sosial. Dengan fasilitas pendukung yang memadai dan posisi geografis yang strategis, Kawasan Industri Krakatau merupakan pilihan yang optimal untuk lokasi pabrik etilen glikol.

1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Etilen Oksida (EO) dapat dipasok secara stabil dari PT Polychem Indonesia dan PT Prima Ethycolindo di Merak, Banten. Dengan kapasitas produksi yang memadai. Keberadaan bahan baku di dalam negeri juga mengurangi ketergantungan pada impor, sehingga mendukung efisiensi operasional dan kestabilan biaya produksi.

1.3.2 Sumber Tenaga Kerja

Operasional pabrik membutuhkan tenaga kerja yang kompeten di berbagai bidang, baik teknis maupun manajerial. Sebagian besar tenaga kerja non-teknis, seperti logistik, keamanan, dan administrasi, direncanakan akan direkrut dari warga sekitar lokasi pabrik. Pelibatan tenaga kerja lokal ini diharapkan dapat memberikan dampak positif bagi perekonomian daerah.

Pekerjaan teknis dan operasional, berupa operator proses, teknisi, dan insinyur kimia, pabrik akan merekrut tenaga kerja terampil dari seluruh Indonesia. Perekrutan akan difokuskan pada lulusan perguruan tinggi dan sekolah vokasi yang memiliki keahlian di bidang teknik kimia dan petrokimia. Pada tahap awal pembangunan dan instalasi pabrik, tenaga ahli asing dapat dilibatkan untuk memastikan penggunaan teknologi modern yang efisien.

Pabrik juga akan memberikan pelatihan dan pengembangan berkelanjutan kepada seluruh karyawannya. Program ini bertujuan untuk meningkatkan kompetensi mereka, mendukung efisiensi operasional, dan memastikan keselamatan kerja. Dengan demikian, karyawan yang ada dapat berkontribusi secara optimal bagi kesuksesan pabrik.

1.3.3 Utilitas Pabrik

Kawasan Industri Krakatau juga memiliki infrastruktur yang mendukung, seperti pasokan energi yang stabil, akses ke air industri dari Sungai Cidanau, serta fasilitas transportasi yang memadai dengan kedekatan pelabuhan Merak dan Cigading untuk ekspor dan impor. Kebutuhan energi listrik untuk operasional pabrik dapat diperoleh melalui suplai dari PLN. Selain itu, pasokan listrik juga dapat dipenuhi melalui pembangkitan mandiri dengan menggunakan generator.

1.3.4 Sarana Transportasi

Transportasi merupakan faktor krusial dalam mendukung kelancaran operasional pabrik, baik untuk distribusi bahan baku maupun pemasaran produk. Lokasi pabrik di Cilegon menawarkan keunggulan strategis karena lokasinya di pesisir dan fasilitas pelabuhan. Pelabuhan ini memudahkan pengiriman bahan baku dari luar daerah dan distribusi produk ke berbagai tujuan. Selain itu, Cilegon memiliki akses transportasi darat yang memadai, termasuk jaringan jalan tol. Infrastruktur ini memudahkan distribusi menggunakan transportasi darat, sehingga arus bahan baku dan produk menjadi lebih efisien.

1.3.5 Kebijakan Pemerintah

Pemerintah Indonesia memiliki berbagai kebijakan yang mendukung pengembangan industri petrokimia, termasuk industri etilen glikol (EG). Salah satu kebijakan utamanya adalah Peraturan Presiden No. 40 Tahun 2016 tentang Penetapan Harga Gas Bumi, yang bertujuan untuk memberikan insentif kepada industri petrokimia dalam negeri dengan harga gas yang lebih kompetitif. Dengan

biaya bahan baku yang lebih terjangkau, industri petrokimia diperkirakan akan tumbuh lebih pesat (Kementerian Perindustrian, 2022).

Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) 2015–2035 menempatkan industri petrokimia sebagai salah satu sektor prioritas pembangunan. Pemerintah telah menetapkan kawasan industri tertentu, seperti Kawasan Industri Krakatau di Cilegon, sebagai pusat pertumbuhan industri berbasis kimia dan petrokimia. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi rantai pasok, memfasilitasi pengelolaan lingkungan, dan menyediakan infrastruktur pendukung seperti pelabuhan dan jaringan distribusi energi.

Aspek regulasi lingkungan, pemerintah mewajibkan setiap industri yang bergerak di bidang kimia dan petrokimia wajib mempunyai dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 4 Tahun 2021 mengatur tentang prosedur penyusunan AMDAL, yang mencakup analisis dampak pencemaran udara, pengelolaan limbah cair, serta upaya pencegahan risiko kecelakaan industri. Dengan adanya kebijakan ini, pemilihan lokasi di Kawasan Industri Krakatau menjadi lebih tepat karena telah memiliki sistem pengelolaan limbah dan izin lingkungan yang sesuai dengan standar nasional (KLHK, 2021).

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Etilen Oksida (Bahan Baku)

Etilen oksida (EO) adalah senyawa organik yang berfungsi sebagai bahan baku utama untuk sintesis etilen glikol. Etilen oksida adalah gas tak berwarna

dengan bau manis yang dapat dicairkan pada suhu rendah. Senyawa ini memiliki titik didih 10,7°C dan massa jenis 0,881 g/cm³.

Proses produksi etilen glikol dari etilen oksida dilakukan melalui reaksi hidrasi, baik katalitik maupun non-katalitik. Proses ini menghasilkan etilen glikol dengan efisiensi tinggi dan meminimalkan pembentukan produk sampingan.

1.4.2 Etilen Glikol (Produk Utama)

Etilen glikol (EG) adalah senyawa organik yang termasuk dalam golongan alkohol. Etilen glikol merupakan cairan yang tidak berwarna, tidak berbau, dan berasa manis. Etilen glikol memiliki titik didih sekitar 197°C dan massa jenis 1,113 g/cm³ pada suhu kamar.

Sekitar 97% dari konsumsi etilen glikol di Indonesia digunakan dalam industri tekstil untuk produksi poliester, sedangkan sisanya digunakan dalam pembuatan pelarut, cairan pendingin, dan bahan tambahan dalam cat dan tinta (Pratiwi et al., 2020).

1.4.3 Reaksi Pembentukan Etilen Glikol

Reaksi pembentukan etilen glikol dari etilen oksida dapat dituliskan pada Persamaan 1.2



Reaksi ini terjadi dalam kondisi tertentu di mana air ditambahkan ke etilen oksida, menghasilkan monoetilen glikol dengan yield yang bervariasi tergantung pada kondisi reaksi. Proses karbonasi juga dapat digunakan untuk mengubah etilen oksida menjadi etilen karbonat yang kemudian dihidrolisis menjadi etilen glikol (Yaws & Yaws, 2019).

1.4.4 Proses Pembuatan Etilen Glikol

Pada akhir tahun 1981, ahli kimia Prancis Charles-Adolphe Wurtz memperkenalkan dan mengomersialkan etilen glikol, yang pertama kali diproduksi dengan menghidrolisis etilen oksida dan air. Dari tahun 1938 hingga 1968, Du Pont menggunakan reaksi formaldehida dan karbon monoksida untuk menghasilkan etilen glikol. Dari tahun 1968 hingga 1981, etilen oksida pertama kali digunakan sebagai dasar proses produksi etilen glikol. (Mc. Ketta, 1984).

1) Proses Formaldelhid Du Pont

Pada proses ini akan dibuat etilen glikol dengan mereaksikannya dengan karbon monoksida dan air pada suhu 200°C dengan tekanan 700 atm menghasilkan asam glikolat dengan rendemen teoritis 90-95% yang selanjutnya diesterifikasi dengan metanol atau n-propanol dan diperoleh alkil glikolat lalu dihidrogenasi pada fasa uap pada suhu 200°C dengan tekanan 30 atm menggunakan katalis kromat menghasilkan etilen glikol dan alkohol. Alkohol tersebut akan didaur ulang ke proses esterifikasi. Pada reaksi hidrogenasi menggunakan fasa padat menggunakan katalis magnesia-tembaga oksida dengan tekanan mencapai 40 atm, sedangkan pada fasa cair dengan tekanan mencapai 400 atm memperoleh konversi produk keseluruhan minimal 75%. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:





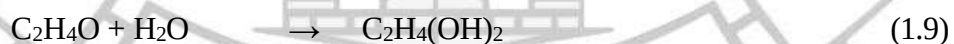
(Krik-Othmer, 1994)

2) Proses Hidrasi Etilen Oksida

Proses hidrasi etilen oksida merupakan proses yang sering digunakan, proses ini memiliki empat cara untuk memproduksi etilen glikol yaitu:

a) Proses Hidrasi Non Katalitik

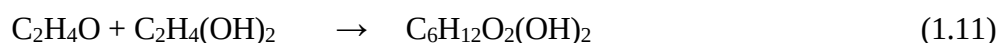
Dalam proses hidrasi, etilen oksida bereaksi dengan air menghasilkan monoetilen glikol sebagai produk utama, disertai dietilen glikol dan trietilen glikol sebagai produk sampingan. Reaksi ini berlangsung dalam fase cair dengan pengaturan suhu untuk memastikan etilen oksida tetap dalam keadaan cair. Pada tahap awal, etilen oksida dicampur dengan air berlebih untuk meningkatkan selektivitas pembentukan monoetilen glikol. Selanjutnya, campuran reaksi yang masih mengandung air dipisahkan melalui kolom distilasi pada suhu sekitar 200°C. Proses pemisahan ini menghasilkan monoetilen glikol sebagai produk utama dengan kemurnian 98,9%, sedangkan produk sampingan yang terbentuk adalah dietilen glikol dan trietilen glikol dengan rendemen total sekitar 10%, sedangkan monoetilen glikol memiliki rendemen 90%. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



(Monoetilen glikol)



(Dietilen glikol)



(Trietilen glikol)

(Ulmann, 2003)

b) Proses Hidrasi Katalitik Fase Cair

Proses pembuatan monoetilen glikol akan menggunakan reaktor adiabatik katalitik untuk mereaksikan air dan etilen oksida. Etilen oksida dapat digunakan dalam bentuk murni maupun dalam campuran dengan air, kemudian ditambahkan air dalam jumlah berlebih (*excess water*) untuk meningkatkan efisiensi reaksi. Selanjutnya, kondisi operasi diatur agar sesuai dengan keadaan optimum pada reaktor. Proses hidrasi ini umumnya dijalankan dengan bantuan katalis, baik katalis basa maupun katalis asam, guna memperoleh hasil reaksi yang lebih selektif dan efisien. Penggunaan katalis asam akan menghasilkan *yield* etilen glikol sebesar 80% dengan konversi 94,5%. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



(Ulmann, 2003)

c) Proses Hidrasi Katalitik Fase Uap

Pada proses produksi etilen glikol melalui metode hidrasi dengan bantuan katalis, digunakan katalis berupa silver oksida dan aluminium. Namun, penggunaan katalis tersebut menimbulkan tantangan pada tahap pemisahan, karena katalis cenderung ikut terbawa ke proses selanjutnya. Proses ini berlangsung pada fase gas dengan kondisi suhu dan tekanan yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan hidrasi non-katalitik. Dari metode ini diperoleh

konversi reaksi sebesar 20% dengan yield etilen glikol mencapai sekitar 80%. (Mc. Ketta, 1984).

d) Proses Hidrasi Oksida melalui Etilen Karbonat

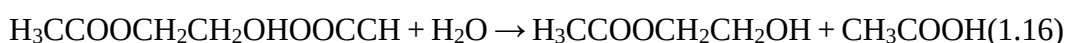
Proses hidrasi etilen oksida berlangsung dalam fase cair dengan bantuan katalis untuk mempercepat reaksi. Tahap awal reaksi dimulai ketika etilen oksida berinteraksi dengan karbon dioksida untuk membentuk senyawa antara, etilen karbonat. Senyawa ini kemudian bereaksi lebih lanjut dengan air untuk menghasilkan produk utama, etilen glikol. Reaksi ini umumnya dilakukan pada kondisi operasi dengan rentang suhu 90–200°C dan tekanan 3–7 atm untuk mendapatkan konversi dan rendemen yang optimal (Mc. Ketta, 1984). Proses ini akan menghasilkan dietilen glikol dan trietilen glikol dalam jumlah yang lebih sedikit, sehingga kelebihan air yang dibutuhkan lebih sedikit. Yield yang akan dihasilkan dalam proses ini sebesar 62,3% dan konversi 99%. (US Patent Mitsubishi Chemical, 1998).

3. Proses Asetoksilisa Halcon

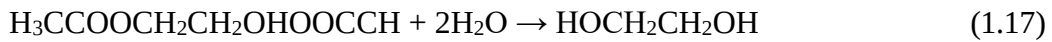
Proses ini menggunakan etilena dalam larutan asam asetat dengan bantuan katalis telurium dan senyawa bromida, yang kemudian membentuk monoasetat dan trietilen glikol. Proses ini menghemat hingga 50% bahan baku dan menghasilkan 90% kualitas produk. Tahap awal adalah pembentukan diasetat, reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Proses ini berlangsung pada suhu 90-200°C dengan tekanan 20-30 atm. Selama proses pencampuran, monoasetat akan terbentuk akibat proses hidrolisis diasetat, yang kemudian menghasilkan monoasetat dan glikol, yang akan dioksidasi kembali. Reaksi berlangsung sebagai berikut:

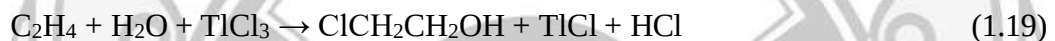


Pada tahapan selanjutnya, diasetat atau glikol asetat akan dihidrolisa menjadi etilen glikol dan asam asetat, reaksi yang terjadi sebagai berikut:



4. Proses Oksiklorinasi Teijin

Proses ini menggunakan metode mereaksikan garam talium TlCl_3 dalam air dan asam klorida atau bromida dengan bantuan katalis Teijin yang akan menghasilkan klorohidrin yang kemudian dihidrolisis untuk mendapatkan etilen glikol. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Garam kalium yang terbentuk akan diregenerasi dengan oksigen dan tembaga (II) klor (CuCl_2) dan akan menghasilkan TlCl_3 . Yield yang akan dihasilkan mencapai sekitar 75%. (Mc. Ketta, 1984)

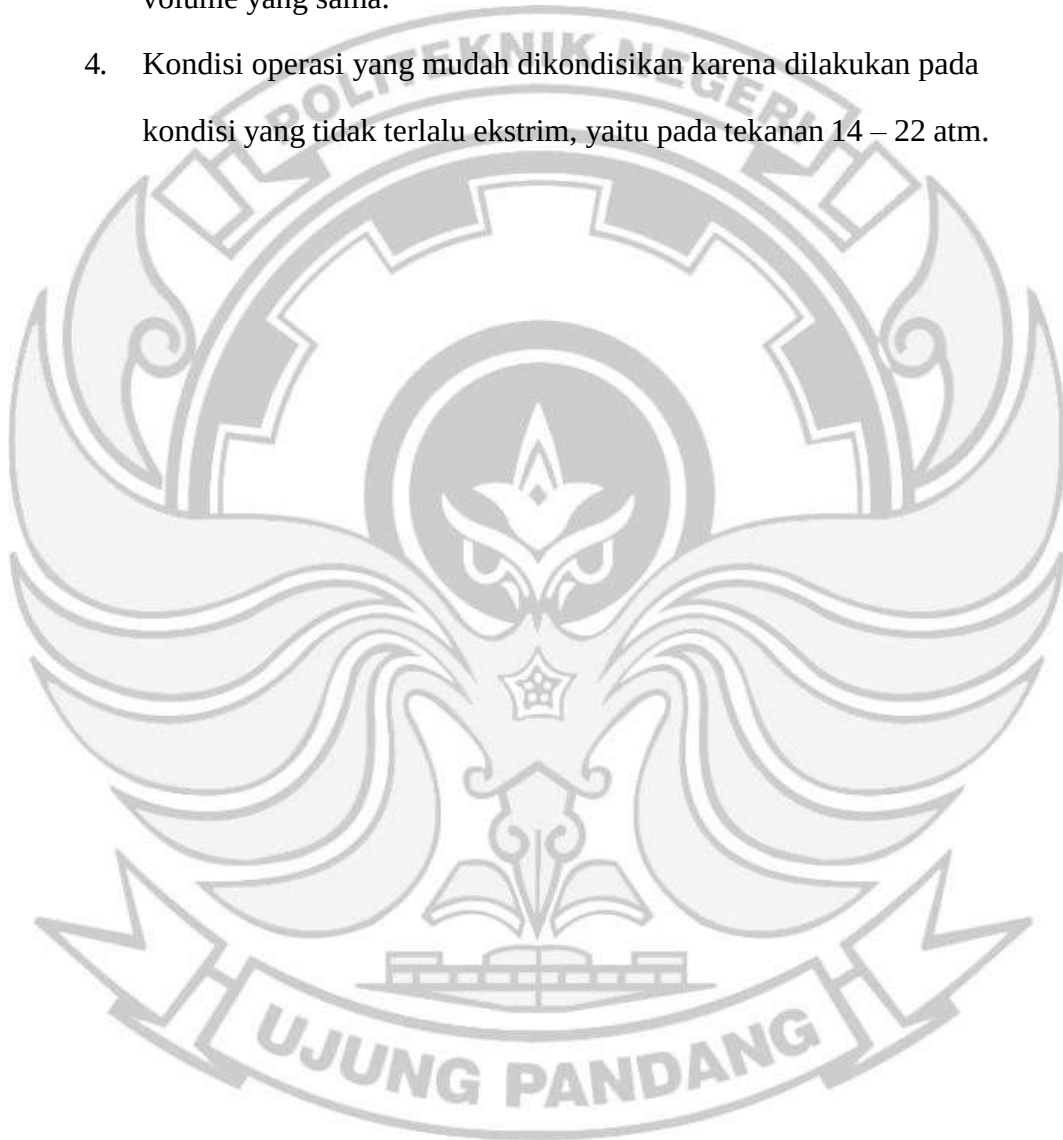
5. Proses Union Carbide Syngas

Proses ini menggunakan gas sintesis CO_2 dan formaldehida sebagai bahan baku, dengan rhodium dan tetrahidrofuran sebagai katalis. Proses ini beroperasi pada suhu $190\text{-}230^\circ\text{C}$ dan tekanan 3400 atm. Pengembangan proses ini dimulai pada awal 1980-an. (Mc. Ketta, 1984)

Dalam mendirikan pabrik ini perlu menentukan proses mana yang akan digunakan, maka diadakannya perbandingan dari beberapa proses yang terjadi diatas. Berikut data perbandingan proses pembuatan etilen glikol:

Berdasarkan perbandingan proses pada Tabel 1.6 , maka dalam pendirian Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dan Air dilakukan dengan proses Hidrasi Non Katalitik menggunakan Reaktor *Plug Flow* dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Kemurnian yang didapatkan bisa mencapai 99%.
2. Selektivitas yang dihasilkan cukup tinggi mencapai 99,5%
3. Reaktor *plug flow* mempunyai efisiensi dan menghasilkan konversi yang lebih tinggi dari pada reaktor alir tangki berpengaduk pada volume yang sama.
4. Kondisi operasi yang mudah dikondisikan karena dilakukan pada kondisi yang tidak terlalu ekstrim, yaitu pada tekanan 14 – 22 atm.



Tabel 1.6 Data Perbandingan Proses Pembuatan Etilen glikol

No	Jenis Proses	Parameter							Referensi
		Suhu (⁰ C)	Tekanan (atm)	Yield (%)	Konversi (%)	Konsentrasi (%)	Selektivitas (%)	Rendemen (%)	
1	Proses Formaldelhid Du Pont	200	700	75	kecil	~60	75	~45	Liu, X., et al. (2023)
2	Proses Hidrasi Etilen Oksida (Non Katalitik)	170-200	14-22	99,5	99,8	90-99	99,5	99,3	Chinese Patent CN1218917C. (2005)
3	Proses Hidrasi Etilen Oksida (Katalitik Fase Cair)	50-102	17	80	94,5	80-85	85-90	~ 76	Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. (2000)
4	Proses Hidrasi Etilen Oksida (Katalitik Fase Uap)	-	-	80	20	~20	80	~16	Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. (2000)
5	Proses Hidrasi Etilen Oksida (melalui Etilen Karbonat)	90-200	3-7	62,3	75	85-90	94-96	~93	ResearchGate. (2016)
6	Proses Asetoksilisa Halcon	90-200	20-30	90	-	70-75	90	~63	Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. (2000)
7	Proses Oksiklorinasi Teijin	-	-	75	75	65-70	75	~56	Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. (2000)
8	Proses Union Carbide Syngas	190-230	3400	-	-	60-65	~70	~45	Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. (2000)

alokasi Risiko Ekonomi

BAB XI KESIMPULAN

Berdasarkan hasil prarancangan, pabrik etilen glikol dengan kapasitas 70.000 ton per tahun yang direncanakan berlokasi di Kawasan Industri Krakatau, Cilegon, Banten, dengan bentuk badan hukum Perseroan Terbatas (PT) dan struktur organisasi *line and staff* yang melibatkan 146 karyawan, dinyatakan layak untuk direalisasikan. Dari aspek teknis, rancangan ini telah memenuhi kriteria kebutuhan proses dan utilitas secara efisien, sedangkan dari aspek ekonomi, pabrik menunjukkan kelayakan yang tinggi dengan nilai *Discounted Payback Period* (DPBP) 1,38 tahun, *Present Value Ratio* (PVR) 3,71, *Break Even Point* (BEP) 48,61%, dan *Shut Down Point* (SDP) 34,39%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik etilen glikol ini tidak hanya layak secara teknis dan ekonomis, tetapi juga berpotensi memberikan kontribusi signifikan bagi pemenuhan kebutuhan industri dalam negeri serta mendukung pertumbuhan sektor kimia nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- A RATNA K. 2019. *BAB I PENDAHULUAN*.
https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/16722/05.1_bab_1.pdf?sequence=5&isAllowed=y.
- Airgas. 2025. "MSDS ETILEN OKSIDA 2 PDF." *scribd*: 2.
<https://id.scribd.com/document/336066228/184633761-MSDS-etilen-oksid-2-pdf>.
- BPS. 2025. "Statistik Konsumsi Dan Produksi Kimia Di Indonesia Tahun 2021–2025." *badan pusat statistik*. <https://www.bps.go.id/id>.
- Fogler, H. Scott. 2016. "Elements of Chemical Reaction Engineering." *fani ainunnisa*.
https://www.academia.edu/41749607/Fogler_Elements_of_Chemical_Reaction_Engineering.
- Indoensia, PT. Polychem. 2025. "KAPASITAS PRODUKSI." *PT*.
<https://polychemindo.com/id/beranda/>.
- Kemenperin. 2022. "Kebijakan Substitusi Impor Sebesar 35 Persen Pada Tahun 2022." *Kementrian Perindustrian*.
https://kemenperin.go.id/index.php/tag/jwplayer/profil/71/jwplayer/bit.ly/bit.ly/reg_pengambilan?hal=153.
- Kirk, .R. 1998. "Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd Ed." *Springer Nature*. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-58087-1_1.
- Kiss, A.A & pragt. 2024. "Process Intensification for Sustainable Chemical Production." *osti.gov*. <https://www.osti.gov/biblio/2403044>.
- KLHK. 2021. "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 4 Tahun 2021 Tentang Daftar Usaha Dan/Atau Kegiatan Yang Wajib Memiliki Analisis Mengenai Dampak Mengenai Lingkungan Hidup, Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup Dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup Ata." *Kementrian lingkungan hidup dan kesehatan*.
<https://peraturan.bpk.go.id/Details/210998/permen-lhk-no-4-tahun-2021>.
- Lide. 2004. "CRC Handbook of Chemistry and Physics, 85th Edition. CRC Press."
<https://ia801308.us.archive.org/27/items/CRC.Press.Handbook.of.Chemistry.and.Physics.85th.ed.eBook-LRN/CRC.Press.Handbook.of.Chemistry.and.Physics.85th.ed.eBook-LRN.pdf>.
- McKetta, John. J. 1984. "Encyclopedia of Chemical Processing and Design." https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781351452182_A42756639/preview-9781351452182_A42756639.pdf.
- Murray, David, and John Building. 2011. "CHLORHEXIDINE 2 PERCENT SECTION 1 : Identification of the Substance / Mixture and of the Company / Undertaking SECTION 2 : Hazards Identification." 2006(1907): 1–12.

- Nitobenzene, MSDS. 2017. "Identification of the Substance / Mixture and of the Company / Undertaking Identified Uses : Details of the Supplier of the Safety Data Sheet SECTION 2 : Hazards Identification." 2006(1907): 1–13.
- P. pohanish, Richard. 2012. "Toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens." <https://www.vitalsource.com/products/sittig-39-s-handbook-of-toxic-and-hazardous-chemicals-richard-p-pohanish-v9781437778700?srsId=AfmBOooMqVUz0QRTjEtZ5EqLFj0NEjBUFY4azdpuDuCGWEp9cKCLCBi->.
- Patent, US. 1998. "Ethylene Glycol Process." *google patents*. <https://patents.google.com/patent/US5763691A/en>.
- Perry R.H. 2008. "Perry's Chemical Engineers' Handbook." https://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/z5y2E6_Perry-s_Chemical_Engineers-_Handbook.pdf.
- Pratiwi. 2020. "Proses Pembuatan Etilen Glikol Dari Etilen Oksida Dengan Proses Karbonasi Kapasitas 400.000 Ton, Tahun." *scribd*. <https://id.scribd.com/doc/299898630/Proses-Pembuatan-Etilen-Glikol-Dari-Etilen-Oksida-Dengan-Proses-Karbonasi-Kapasitas-400-000-Ton-Tahun>.
- PT.Indorama. 2023. "Data Konsumsi Etilen Glikol." *PT. indorama syntetics*. <https://www.indorama.co.id/pdf/PT-Indo-Rama-Synthetics-Tbk-2023.pdf>.
- Samiraschem. 2025. "Apa Itu Monoetilen Glikol?" <https://www.samiraschem-indonesia.com>.
- Sya'adah, Silvi Nelly. 2016. "Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen Glikol Menggunakan Proses Karbonasi Dan Hidrolisis Kapasitas 320.000 Ton/Tahun." *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*.
- Schaal, F., Schilling, K., & Hasse, H. (2008). Separation efficiency of thin-film evaporators: Experiments with water–ethylene glycol and methanol–water and stage-based modeling. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 47(10), 1762–1771.
- UAE Heat Exchangers. (2023). *Multi-stage cooling system*. UAE Heat Exchangers. Retrieved from <https://www.uaheatexchangers.com/multi-stage-cooling-system>
- Ullmann. 2003. "Ullmann's Encyclopedia of Industrial." <https://searchworks.stanford.edu/view/12270892>.
- Wicklow, C O, and C O Wicklow. 2023. "Triethylene Glycol for Synthesis." (1907): 1–11.
- Wicklow, C O, and C O Wicklow. 2024. "Water for Headspace Gas Chromatography SupraSolv ®." (1907): 1–9.
- Yaws. 2019. "Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals." *McGraw-Hill*. <https://id.scribd.com/document/358549782/Yaws-chemical-properties->

handbook-pdf.

Yuliani, HR. (2014). Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Yogyakarta: Deepublish.

Zhang, J., dkk. 2023. *Selective Production of Ethylene Glycol at High Rate via Cascade Catalysis*. Jurnal (ResearchGate). Diakses pada 21 Agustus 2025, dari: https://www.researchgate.net/publication/371871264_Selective_production_of_ethylene_glycol_at_high_rate_via_cascade_catalysis

