

PRARANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DAN CO₂ MELALUI PROSES KARBONASI DENGAN KAPASITAS 43.000 TON/TAHUN

Rima Amalia^{1*}, Muhammad Rizky Kurniawan¹, Nida Ayu Salsabila¹, Meta Fitri Rizkiana¹, Bakti Palupi¹, Zuhriah Mumtazah¹, Boy Arief Fachri¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Email : rimaamalia.2002@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara berkembang yang terus mengalami perbaikan di berbagai sektor industri. Salah satu industri yang berpotensi mendorong pertumbuhan ekonomi di Indonesia adalah industri poliester. Etilen glikol merupakan senyawa kimia dengan rumus molekul C₂H₆O₂, 97,34% etilen glikol digunakan sebagai bahan baku serat poliester dan sisanya sebesar 2,66% digunakan sebagai bahan baku tambahan pembuatan minyak rem, cat, tinta ballpoint, pelarut, penstabil busa, kosmetik, dan bahan anti freeze. Dalam perancangan pabrik ini, etilen oksida dan CO₂ digunakan sebagai bahan baku melalui proses karbonasi. Proses ini dilakukan dalam reaktor fixed bed multitube dengan bantuan katalis molibdenum, pada tekanan 14,5 bar dan suhu 90 °C. Reaktor beroperasi secara adiabatik dan reaksi bersifat eksotermis. Etilen glikol yang terbentuk dimurnikan menggunakan flash drum dan evaporator untuk menghilangkan kadar air sehingga menghasilkan produk dengan kemurnian 98,20% dengan kuantitas 43.000 ton/tahun. Pabrik ini rencananya akan dibangun di Serang, Banten di atas lahan seluas 20.300 m². Jumlah pegawai yang dibutuhkan sebanyak 234 orang. Hasil evaluasi ekonomi diperoleh laba bersih sebesar Rp. 37.940.384.592,262 dari penjualan. Rate of Return (ROR) sebesar 18,38%, Pay out time (POT) sebesar 4,07 tahun, Break Even Point (BEP) sebesar 42,15%, dan SDP (Shutdown Point) sebesar 20,48%. Berdasarkan evaluasi ekonomi pabrik etilen glikol layak untuk dibangun.

Kata Kunci : Etilen glikol, karbonasi, reaktor fixed bed multitube

1. Pendahuluan

Perkembangan industri kimia di Indonesia setiap tahunnya terus mengalami peningkatan. Kebutuhan berbagai jenis bahan baku maupun di Indonesia masih banyak di impor dari luar negeri. Namun, jika bahan baku dapat ditemukan di dalam negeri, hal tersebut mampu menambah nilai devisa serta dapat meningkatkan nilai ekspor. Bahan baku di Indonesia yang masih minim jumlahnya sehingga belum mencukupi kebutuhan industri adalah etilen glikol.

Etilen glikol memiliki rumus molekul C₂H₆O₂ termasuk ke dalam senyawa organik yang memiliki dua gugus hidroksil (-OH). Sifat fisik etilen glikol yaitu tidak berwarna, tidak berbau, tidak mudah menguap memiliki rasa manis dan memberikan sensasi hangat pada lidah apabila tertelan. Etilen glikol dapat larut sempurna dengan pelarut polar seperti air, alkohol, glikol dan aseton serta sedikit larut dalam pelarut non-polar seperti benzena, toluena, dikloroetana dan kloroform. Etilen glikol termasuk senyawa yang sulit untuk mengalami pengkristalan saat didinginkan, etilen glikol hanya membentuk massa yang sangat kental apabila dalam suhu yang rendah (Yue *et al.*, 2012).

Etilen glikol atau monoetilen glikol pertama kali ditemukan oleh ilmuwan bernama Wurtz pada tahun 1859 (Britannica, 2022). Senyawa etilen glikol pertama kali disintesis dari 1,2 dibromoetan dengan perak asetat melalui proses hidrolisis (Wulandari, 2017).

Etilen glikol adalah senyawa kimia yang dimanfaatkan sebagai bahan baku utama pembuatan serat poliester yang memiliki gugus fungsional ester dalam rantai utamanya, poliester termasuk jenis polimer termoplastik yang sering digunakan sebagai bahan baku pada industri tekstil dan industri plastik (Tanjung *et al.*, 2013). Etilen glikol di Indonesia pada umumnya digunakan untuk bahan baku industri poliester sebesar 97,34% dan sisanya 2,66% digunakan sebagai bahan baku tambahan pembuatan minyak rem, cat, tinta bolpoint, solven atau pelarut, *foam stabilizer*, kosmetik, dan bahan anti *freeze* (Garin *et al.*, 2022).

Indonesia hanya memiliki satu pabrik produksi etilen glikol yang keberadaannya masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan etilen glikol di Indonesia. Kebutuhan etilen glikol di dalam negeri 5 tahun terakhir masih tergantung pada impor ditunjukkan pada Tabel 1.



Tabel 1. Data Impor Etilen Glikol

Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
2018	422.028	-
2019	432.048	2,37425005
2020	371.882	-13,92576751
2021	438.226	17,84006755
2022	449.208	2,506012879
Total		2,198640742

Pemilihan lokasi pabrik harus mempertimbangkan beberapa aspek seperti ketersediaan bahan baku, kondisi iklim, fasilitas transportasi, lokasi pemasaran, pasokan energi serta loyalitas wilayah. Berdasarkan faktor-faktor tersebut Serang, Banten merupakan lokasi yang paling strategis untuk dibangun pabrik etilen glikol.

2. Seleksi dan Uraian Proses

A. Seleksi

Pemilihan lokasi pabrik harus mempertimbangkan beberapa aspek seperti ketersediaan bahan baku, kondisi iklim, fasilitas transportasi, lokasi pemasaran, pasokan energi serta loyalitas wilayah. Berdasarkan faktor-faktor tersebut Serang, Banten merupakan lokasi yang paling strategis untuk dibangun pabrik etilen glikol.

Tabel 2. Perbandingan Proses Produksi Etilen Glikol

Jenis Proses	Kondisi Operasi		Konversi (%)	Yield	Referensi
	Tekanan (atm)	Temperatur (°C)			
Du Pont Formaldehid	700	200	75	-	(McKetta, 2021)
Hidrolisis Etilen Oksida	14-22	190 – 200	90	99	(Garin <i>et al.</i> , 2022)
Proses Karbonasi	0 – 9,7	100 – 250	98,9	99	(Yesi, 2016)
Proses Halcon	20 – 30	90 – 200	75	-	(Anang, 2023)
Union Carbide sygnas	3400	190 – 230	-	-	(McKetta, 2021)
Klorohidrin	1,97 – 2,96	27 – 43	90	-	(Fachrizal, 2018)

B. Uraian proses

Proses yang digunakan dalam produksi etilen glikol adalah proses karbonasi dengan menggunakan etilen oksida dan CO₂ sebagai bahan baku utama. Secara umum, proses karbonasi terdiri dari tiga tahap, yaitu sintesis senyawa intermediet (etilen karbonat), sintesis etilen glikol dan purifikasi produk etilen glikol.

a. Sintesis senyawa intermediet (etilen karbonat)

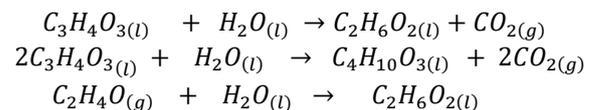
Aliran etilen oksida dan CO₂ masuk ke dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan kondisi suhu 90 °C dan tekanan 14,5 bar. Dalam reaktor ini tingkat konversi sebesar 99,5%. Beroperasi secara adiabatik dan reaksi karbonasi bersifat eksotermis. Sintesis etilen karbonat menggunakan katalis molibdenum oksida. Reaksi karbonasi ditunjukkan sebagai berikut :



b. Sintesis etilen glikol

Aliran etilen karbonat dan air masuk ke dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan kondisi suhu 150 °C dan tekanan 14,5 bar. Dalam reaktor ini tingkat konversi sebesar 98,9%. Beroperasi secara adiabatik dan reaksi hidrolisis bersifat eksotermis. Sintesis etilen glikol menggunakan

katalis yang sama dengan proses karbonasi. Reaksi hidrolisis ditunjukkan sebagai berikut.

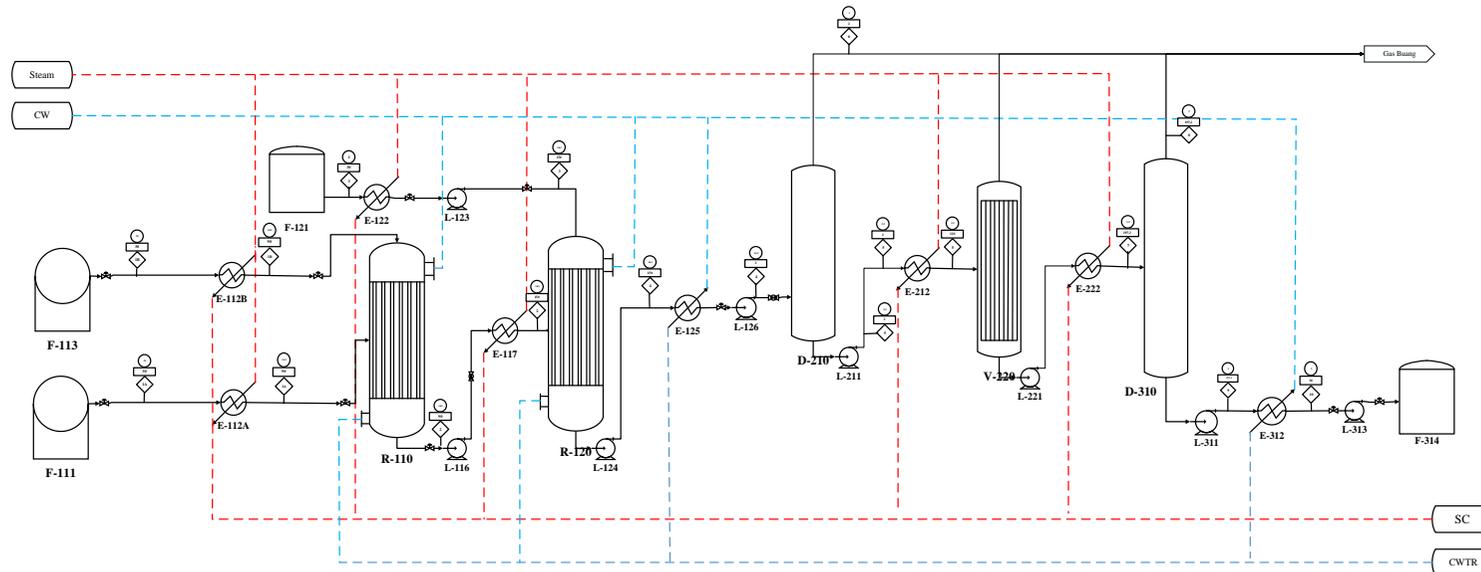


c. Purifikasi

Proses pemurnian etilen glikol terdiri dari beberapa tahapan proses. Tahap pertama yaitu memisahkan kandungan gas CO₂ yang berlebih menggunakan *flash drum* I produk atas berupa gas CO₂ dialirkan ke tangki gas buang sedangkan etilen glikol sebagai produk bawah dialirkan menuju evaporator untuk dihilangkan kandungan airnya, menggunakan *single effect* evaporator dengan total air yang berhasil diuapkan sebesar 97%. Tahap terakhir yaitu pemekatan larutan etilen glikol menggunakan *flash drum* II didapatkan hasil etilen glikol dengan kemurnian sebesar 98,20%.



PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DAN CO₂ MELALUI PROSES KARBONASI DENGAN KAPASITAS 43.000 TON/TAHUN



Neraca Massa Pra Rancangan Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dan CO₂ Melalui Proses Karbonasi dengan Kapasitas 43.000 Ton/Tahun

Komponen	Berat Molekul (g/mol)	Reaktor Karbonasi		Reaktor Hidrolisis		Flash Drum I			Evaporator			Flash Drum II		
		Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Aliran 4	Aliran 5	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	
Etilen Oksida	44.05	4012.2372	20.0612	20.0612		0.0000								
Karbondioksida	44.01	4865.4904	876.9395	876.9395		4865.4904	4865.4904	4162.5045	702.9859	702.9859	627.7606	75.2253	75.2253	71.8603
Etilen Karbonat	88.06		7980.7269	7980.7269		0.0000								
Air	18.015				3964.4515	2332.1053	2332.1053	2.6039	2329.5014	2329.5014	2269.6203	59.8811	59.8811	17.8914
Etilen Glikol	62.07					5591.6873	5591.6873	0.0091	5591.6782	5591.6782		5591.6782	5591.6782	156.9746
Dietilen Glikol	106.12					52.8961	52.8961		52.8961	52.8961		52.8961	52.8961	0.3801
Total		8877,7276	8877,7276		12842,1791	12842,1791	12842,1791	12842,1791	8677,06166	8677,06166	8677,0616	5779,6807	5779,6807	5779,6807

GRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2024

Pembimbing :
Ir. Meta Fitri Rizkiana, S.T., M.Sc.
Ir. Bekti Palupi, S.T., M.Eng.

PROCESS FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK
ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA
DAN CO₂ MELALUI PROSES KARBONASI

Oleh :
Rima Amalia 201910401001
Muhammad Risky Kurniaswan 201910401007
Nida Ayu Sababila 201910401054

◇ Nomer Aliran

□ Temperatur (°C)

○ Tekanan (bar)

SC Steam Condensate

CW Cooling water

CTWR Cooling Water Return

Steam Process Steam

No	Kode Alat	Nama Alat
1	F-111	Tangki penyimpanan EO
2	E-112A	Heater I
3	F-113	Tangki penyimpanan CO ₂
4	G-112B	Heater II
5	R-110	Reaktor Karbonasi
6	L-116	Pompa I
7	E-117	Heater III
8	R-120	Reaktor Hidrolisis
9	F-121	Tangki Penyimpanan Air
10	E-122	Heater IV
11	L-123	Pompa II
12	L-124	Pompa III
13	E-125	Cooler I
14	L-126	Pompa IV
15	D-210	Flash drum I
16	L-211	Pompa V
17	E-212	Heater V
18	V-220	Evaporator
19	L-221	Pompa VI
20	E-222	Heater VI
21	D-310	Flash drum II
22	L-311	Pompa VII
23	E-312	Cooler II
24	L-313	Pompa VIII
25	F-314	Tangki Penyimpanan EG

Gambar 1. Proses Flow Diagram (PFD) dan Neraca Massa

3. Neraca Massa dan Neraca Energi

A. Neraca Massa

Berdasarkan perhitungan neraca massa pabrik etilen glikol membutuhkan bahan baku etilen oksida sebanyak 4.012 kg/jam, CO₂ sebanyak 4.865 kg/jam dan air sebanyak 3.964 kg/jam. menghasilkan produk etilen glikol sebanyak 5.435 kg/jam. Pabrik dirancang beroperasi selama 330 hari/tahun dengan jam kerja selama 24 jam.

B. Neraca Energi

Berdasarkan perhitungan neraca energi proses karbonasi dan hidrolisis etilen glikol membutuhkan energi sebesar 597.249.960,864 J/jam dan 3.029.255.526,767 J/jam di dalam reaktor *fixed bed multitube*. Sedangkan untuk tahap pemurnian diperlukan energi sebesar 2.144.478.076,003 J/jam pada evaporator. Diagram alir proses perancangan pabrik etilen glikol dapat ditemukan pada Gambar 1.

4. Utilitas

Unit utilitas merupakan salah satu unit yang dapat menunjang keberhasilan suatu proses produksi. Utilitas menjaga kelancaran proses produksi dengan tujuan untuk menciptakan keberlanjutan proses produksi. Perancangan pabrik etilen glikol terdapat beberapa unit utilitas yang meliputi :

- Unit pengolahan air : Bagian yang memproses serta menyediakan kebutuhan air untuk berbagai keperluan berjalannya suatu pabrik.
- Unit penyedia *steam* : Bagian yang menyediakan kebutuhan uap atau *steam* yang diperlukan dalam beberapa tahap produksi serta untuk penggerak turbin pada generator.
- Unit pembangkit listrik : Bagian yang menyediakan sumber energi listrik untuk seluruh proses produksi dan pabrik.
- Unit penyedia bahan bakar : Bagian yang menyediakan bahan bakar yang digunakan oleh mesin dan peralatan pabrik.
- Unit pengolahan limbah : Bagian yang bertugas untuk mengolah dan membuang limbah yang dihasilkan selama proses produksi agar sesuai dengan standar baku mutu lingkungan yang berlaku.

Kebutuhan air sanitasi, air pendingin, air umpan boiler serta air proses untuk pabrik etilen glikol yaitu sebesar 127.822,872 kg/jam. Kebutuhan *steam* sebesar 3.713,505 kg/jam. Total kebutuhan listrik sebesar 750,901 kWh dan total kebutuhan bahan bakar untuk boiler 174,699 kg/jam dan kebutuhan generator sebesar 92,630 kg/jam.

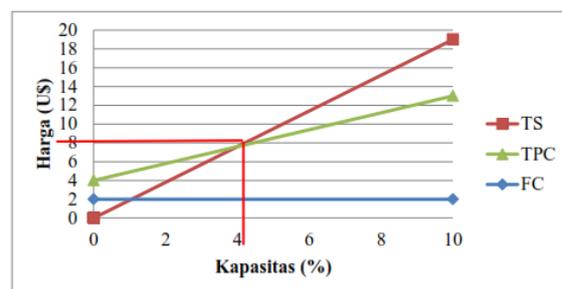
5. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi pada pabrik etilen glikol bertujuan untuk menentukan kelayakan suatu pabrik dan menentukan seberapa besar keuntungan yang akan diperoleh dari total kapasitas produksi. Hasil analisis ekonomi pabrik etilen glikol tercantum dalam Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Evaluasi Ekonomi

Parameter	Range	Nilai	Keterangan
POT	POT < ½ umur pabrik (10 tahun)	4,07 tahun	Pabrik layak dibangun
ROR	ROR > Bunga bank (6,25%)	18,38 %	Pabrik layak dibangun
BEP	40 % < BEP < 60 %	42,15%	Pabrik layak dibangun
SDP	15% < SDP < 40%	20,48%	Pabrik layak dibangun

POT (*Pay Out time*) adalah periode waktu yang dibutuhkan untuk pabrik mengembalikan modal awal dari hasil penjualan yang diperoleh. ROR (*Rate of Return*) ialah laju pengembalian modal pertahunnya dari investasi yang dilakukan. BEP (*Break Even Point*) adalah titik impas dimana pabrik tidak untung maupun rugi karena nilai penjualan sama dengan total modal yang dikeluarkan. SDP (*Shutdown Point*) Merupakan titik dimana pabrik harus dihentikan apabila nilai produksi turun dibawah harga BEP. Grafik BEP pada pabrik etilen glikol terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik BEP

6. Kesimpulan

Berdasarkan analisis teknik dan ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik etilen glikol akan didirikan di daerah Serang, Banten, lokasi tersebut dipilih karena dekat dengan sumber bahan baku, pelabuhan, dan tenaga kerja. Pabrik ini





direncanakan beroperasi pada awal tahun 2027 secara kontinyu selama 330 hari dalam satu tahun dengan kapasitas produksi 43.000 ton/tahun. Bentuk badan usaha yang direncanakan pada pabrik ini yaitu Perseroan Terbatas (PT) dengan total karyawan sebanyak 234 orang. Hasil perhitungan evaluasi ekonomi menunjukkan *Pay out time* (POT) selama 4,07 tahun, laba bersih sebesar Rp. 37.940.384.592,262 dengan tingkat pengembalian (ROR) sebesar 18,38 % dan nilai titik impas (BEP) sebesar 42,15 %. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik etilen glikol dari etilen oksida dan CO₂ melalui proses karbonasi ini layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- Anang, A. D. (2023). *Perancangan Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dengan Hidrasi Non-Katalitik Kapasitas 55.000 Ton/Tahun*. 31–41.
- Fachrizal, S. M. A. W. (2018). *Prarancangan Pabrik Etilen Oksida dari Etilen dan Udara Kapasitas 65.000 Ton/Tahun*. 17–18. <http://repo.bunghatta.ac.id/id/eprint/3109%0Ahttp://repo.bunghatta.ac.id/3109/3/11>
- Garin, M., Adiguna, E., & Suprpto, S. (2022). Optimization of Ethylene Glycol Plant Heat Exchanger Network with Non-Catalytic Hydration Process from Ethylene Oxide. *IPTEK The Journal of Engineering*, 8(2), 56. <https://doi.org/10.12962/j23378557.v8i2.a14072>
- McKetta, J. J. (2021). Encyclopedia of Chemical Processing and Design. In *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. <https://doi.org/10.1201/9781003209812>
- Tanjung, A. R., Ida Ayuningrum, & Renita Manurung. (2013). Pengaruh Waktu Polimerisasi Pada Proses Pembuatan Poliester Dari Asam Lemak Sawit Distilat (Alsd). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(4), 25–30. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i4.1487>
- Wulandari, T. G. F. A. (2017). Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Dengan Proses Oksidasi Langsung Dengan Udara Dilanjutkan Hidrolisis Etilen Oksida. *Institut Teknologi Sepuluh November*, 348.
- Yesi, M. A. (2016). Pra Rencana Pabrik Pembuatan Etilen Glikol Menggunakan Proses Karbonasi dan Hidrolisis Kapasitas 320.000 Ton/Tahun. *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*.
- Yue, H., Zhao, Y., & Gong, J. (2012). *Chem Soc Rev*. 41(11). <https://doi.org/10.1039/c2cs15359a>

