

PRA PERANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DENGAN KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN

Arif Anang Saputro¹, Ditta Kharisma Yolanda Putri¹, Helda Wika Amini¹, Husna Wardati¹, Meta Fitri Rizkiana¹, Ranita Anggi Anggraini¹, Zuhriah Mumtazah¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Abstrak

Perkembangan industri kimia di Indonesia semakin mengalami peningkatan setiap tahunnya. Salah satunya adalah pabrik etilen glikol yang banyak dibutuhkan namun produksinya semakin turun dalam tiga tahun terakhir. Pabrik etilen glikol dengan bahan baku berupa etilen oksida dan air dirancang dengan kapasitas 55.000 ton/tahun dengan waktu operasi selama 330 hari/tahun. Bahan utama yang dibutuhkan adalah etilen oksida sebanyak 5.651,7992 kg/jam yang menghasilkan yield sebesar 60%. Secara garis besar, proses produksi terbagi menjadi 4 tahap yaitu proses pencampuran, reaksi di dalam reaktor, evaporasi, dan distilasi. Proses reaksi di dalam reaktor terjadi pada suhu 190°C dan tekanan 18 atm. Hasil pemurnian berupa produk utama berupa etilen glikol (EG) dan produk samping berupa dietilen glikol (DEG) dan trietilen glikol (TEG). Hasil pemisahan, diperoleh kemurnian EG sebesar 99,9%, DEG 99,9%, dan TEG 99,7%. Pabrik etilen glikol memiliki bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT). Dari hasil evaluasi ekonomi, nilai Annual Cash Flow (ACF) yang diperoleh pabrik ini sebesar US\$15.969.484,85. (89,68 %) dengan laju pengembalian modal atau Pay Out Time (POT) selama 1,39 Tahun dan memiliki nilai Break Event Point (BEP) sebesar 43,2 %. Dari evaluasi ekonomi dapat dinyatakan bahwa pabrik Etilen Glikol layak untuk didirikan di Indonesia.

Kata Kunci : Etilen Oksida, Etilen Glikol, Hidrasi Non-Katalitik, Plug Flow Reactor

1. Pendahuluan

Etilen glikol merupakan salah satu senyawa yang memiliki sifat fisik tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mudah menguap. Etilen glikol sering digunakan sebagai zat anti beku pada industri kain, bahan baku pembuatan serat poliester, zat anti korosi pada kendaraan, bahan baku botol daur ulang, dan bahan penahan kelembaban (Yue et al., 2012); (Finlayson et al., 2016). Namun produksi etilen glikol mengalami penurunan pada 3 tahun terakhir dimana pada tahun 2021 produksi etilen glikol hanya mencapai 114.000 ton. Selain itu, PT. Polychem Indonesia Tbk. merupakan satu-satunya pabrik yang memproduksi etilen glikol di Indonesia. Kapasitas produksi etilen glikol di PT Polychem sebesar 233.600 ton/tahun (Unocha, 2018). Oleh karena itu, pendirian pabrik ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan etilen glikol di Indonesia.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), berikut merupakan data ekspor dan impor etilen glikol di Indonesia :

Tabel 1. Data Ekspor-Impor Etilen Glikol di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton)	Impor (Ton)
2018	76.791,31	422.028
2019	43.468	432.048
2020	29.671	371.882
2021	4.354,72	438.226
2022	9.124,56	449.208

Penentuan kapasitas produksi beberapa tahun ke depan perlu diperhitungkan untuk memperoleh kapasitas produksi yang tepat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Kusnarjo, 2010) :

$$F = P(1 + i)^n \quad (1.1)$$

Berdasarkan persamaan 1.1 diperoleh proyeksi nilai ekspor dan impor etilen glikol pada tahun 2030 sebagai berikut :

Tabel 2. Proyeksi Ekspor-Impor Etilen Glikol Tahun 2030

Ekspor (Ton)	Impor (Ton)
3.069,5	534.575,16

Dari hasil perhitungan penentuan kapasitas, ditetapkan kapasitas produksi etilen glikol sebesar 55.000 Ton/Tahun sehingga dapat memenuhi 10% kebutuhan impor etilen glikol dalam negeri.

2. Deskripsi Proses

Proses produksi etilen glikol sangatlah bervariasi sehingga dapat disimpulkan pada tabel perbandingan sebagai berikut (Laela, D. A., & Hairunnisa., 2021):



Tabel 3. Perbandingan Proses Produksi Etilen Glikol

No	Jenis Proses	Tekanan (atm)	Temperatur (°C)	Yield	Konversi	Biaya
1	Hidrolisis etilen oksida	14-22	190-200	90%	-	Murah
2	Proses Halcon	20-30	90-200	75%	-	Murah
3	Hidrolisis etilen oksida melalui etilen karbonat	0-9,7	100-250	98%	-	Mahal
4	Hidrasi etilen oksida	14-22	190-200	99,5%	99,8%	Murah
5	Formaldehid du pont	700	200	75%	Kecil	Mahal dan tidak efisien
6	Union carbide sygnas	3400	190-230	-	-	Mahal
7	Klorohidrin	1,97-2,96	27-43	90%	-	Mahal dan limbah cukup banyak

Berdasarkan uraian yang dijelaskan dalam tabel di atas proses yang akan digunakan adalah proses hidrasi non-katalitik fase cair. Hal ini dikarenakan konversi dan yield yang cukup besar serta memiliki biaya operasi yang cukup terjangkau. Proses produksi etilen glikol dilakukan melalui beberapa tahap sebagai berikut (Kakimoto et al., 2002) :

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan disiapkan dan disimpan sesuai dengan kondisi operasi. Pada proses kali ini, suhu reaktan yang masuk ke dalam reaktoryaitu 190°C dan tekanan reaktor 18 atm.

 - Etilen Oksida

Bahan baku etilen oksida dalam fase cair yang berasal dari PT. Polychem Indonesia dengan kemurnian 99,97% disimpan dalam tangki penyimpanan etilen oksida (F-111) yang berbentuk *spherical tank* pada temperatur 30°C dan tekanan 5 atm.
 - Air

Air disimpan dengan temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Sumber air yang digunakan diperoleh dari sungai yang akan diolah dengan proses *water treatment* sesuai dengan kebutuhan.

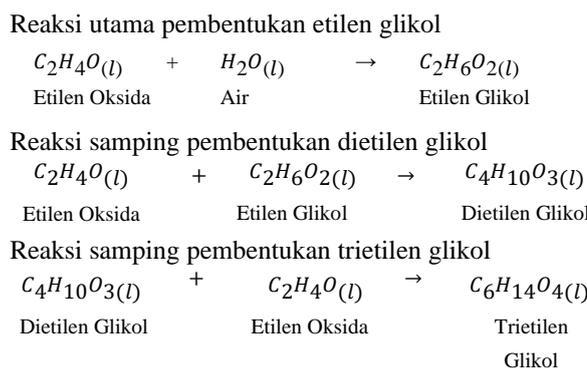
Pada tahap persiapan bahan baku, etilen oksida pada tangki penyimpanan dipompa menuju

Mixing Tee I (M-114). Pada tahap ini, air juga akan dipompa menuju *Mixing Tee* untuk dicampur bersama dengan etilen oksida dengan perbandingan campuran antara etilen oksida dan air adalah 1:19.

2. Tahap Pembuatan Etilen Glikol

Hasil pencampuran etilen oksida dan air pada *Mixing Tee* akan dipompa menuju *Heater* I (E-116). Hasil keluaran dari *Heater* I (E-116) siap direaksikan di dalam reaktor yang akan mengalir menuju ke dalam reaktor alir pipa (R-110) dengan kondisi operasi reaktor 190°C dan tekanan 18 atm.
3. Tahap Sintesa Etilen Glikol

Tahap sintesa etilen glikol menghasilkan produk etilen glikol dan produk samping berupa dietilen glikol dan trietilen glikol. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Berdasarkan reaksi di atas, diperoleh konversi etilen oksida sebesar 100% dengan selektivitas etilen glikol sebesar 88%, dietilen glikol sebesar 5,6% dan trietilen glikol sebesar 0,18%.

4. Tahap Pemisahan Air

Produk yang keluar dari reaktor kemudian masuk menuju *Cooler* (E-211) untuk menurunkan suhu produk dari 190°C menjadi 120°C. Larutan yang keluar dari *Cooler* berisi larutan glikol yang tercampur dengan air dan dipisahkan menggunakan *multiple effect evaporator* (V-210, V-220, V-230). Pada efek pertama dioperasikan pada temperatur 126,2°C; efek kedua 111°C; dan efek ketiga 94,6°C. Hasil bawah dari proses ini berupa campuran etilen glikol, dietilen glikol, dan trietilen glikol yang selanjutnya akan dimurnikan dengan menara Distilasi (D-310).
5. Tahap Pemurnian Produk

Proses pemurnian ini dilakukan dengan dua tahap yaitu proses pemurnian pertama dan kedua. Produk yang keluar dari proses pemisahan air dari larutan glikol selanjutnya masuk ke dalam *Heater* II (E-311) untuk mencapai suhu 149,5°C dan dilanjutkan ke kolom distilasi pertama (D-310)



pada temperatur 149,5°C dan tekanan 0,18 atm. Hasil atas berupa produk utama yaitu etilen glikol yang akan masuk ke dalam kondensor (E-312). Etilen glikol yang terkondensasi dan berubah menjadi fase cair akan masuk ke dalam akumulator I (F-313) kemudian masuk ke dalam kolom distilasi untuk *direcycle*. Produk yang sudah terbentuk dalam bentuk fase gas dengan spesifikasi yang telah ditetapkan berdasarkan standar produk yaitu dengan kemurnian 99,8% akan masuk menuju *Cooler* (E-316) hingga temperaturnya menjadi 40°C dan selanjutnya dipompa ke tangki penyimpanan etilen glikol (F-317). Hasil bawah dari proses distilasi pertama merupakan produk samping yaitu dietilen glikol dan trietilen glikol yang selanjutnya akan melalui tahap pemurnian kedua pada kolom Distilasi II (D-410B). Proses ini terjadi pada temperatur 190,95°C dan tekanan 0,67 atm. Pemurnian produk pada tahap kedua ini menghasilkan produk atas berupa dietilen glikol yang akan masuk kedalam kondensor (E-412A). Dietilen glikol yang terkondensasi dan berubah menjadi fase cair akan masuk ke dalam akumulator II (F-413) kemudian masuk ke dalam kolom Distilasi untuk *direcycle*. Dietilen glikol yang sudah terbentuk akan masuk menuju *Cooler* (E-412B) hingga temperatur 40°C dan selanjutnya disimpan pada tangki penyimpanan dietilen glikol (F-415A). Hasil bawah berupa trietilen glikol selanjutnya akan dipompa menuju *Cooler* (E-412C) untuk didinginkan hingga suhu 40°C dan disimpan pada tangki penyimpanan (F-415B).

3. Neraca Massa

Berdasarkan perhitungan neraca massa, proses produksi etilen glikol dengan kapasitas 55.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku etilen oksida sebesar 5.651,7992 kg/jam dan air sebesar 107.062,032 kg/jam. Pabrik ini akan dirancang dengan waktu operasi selama 330 hari/tahun dengan lama jam kerja 24 jam/hari.

4. Neraca Energi

Berdasarkan perhitungan neraca energi, proses produksi etilen glikol dengan kapasitas 55.000 ton/tahun membutuhkan total energi sebesar 301.412.660,88392 kJ dimana kebutuhan energi untuk beberapa alat utama seperti reaktor sebesar 53.426.633,705643 kJ, evaporator sebesar 721.191,382472 kJ, kolom distilasi I sebesar 2.533.016,190445 kJ, dan kolom distilasi II sebesar 300.453,960077 kJ.

5. Utilitas

Unit utilitas merupakan sarana penunjang dalam suatu industri kimia yang sangat penting agar suatu proses industri dapat berjalan dengan lancar serta efektif dan efisien (Hermanto, 2022). Pada

umumnya, utilitas dalam pabrik proses meliputi air, *steam* dan listrik (Asyrofa, 2019). Berikut merupakan kebutuhan utilitas pada pabrik etilen glikol :

Tabel 4. Kebutuhan Utilitas Pabrik Etilen Glikol

No.	Jenis Kebutuhan	Jumlah
1.	Air	32.030.456,58 liter/hari
2.	Listrik	133.835,53 W
3.	Bahan Bakar	399,651 liter/jam
4.	<i>Steam</i>	165.450 liter/hari

Evaluasi Ekonomi

Berdasarkan perhitungan ekonomi, biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik etilen glikol disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 5. Total Biaya Pabrik Etilen Glikol

No.	Jenis Biaya	Jumlah (US \$)
1.	FCI	16.026.529,49
2.	WCI	1.780.725,50
3.	TCI	17.807.254,99
4.	TPC	145.587.256,96

Melalui evaluasi ekonomi pada pabrik etilen glikol ini maka akan diketahui kelayakan pendirian pabrik serta mengetahui keuntungan yang dihasilkan. Pabrik dianggap layak didirikan jika dapat beroperasi dengan baik dan memberikan keuntungan. Berikut merupakan hasil evaluasi ekonomi pada pabrik etilen glikol yang akan didirikan :

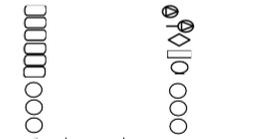
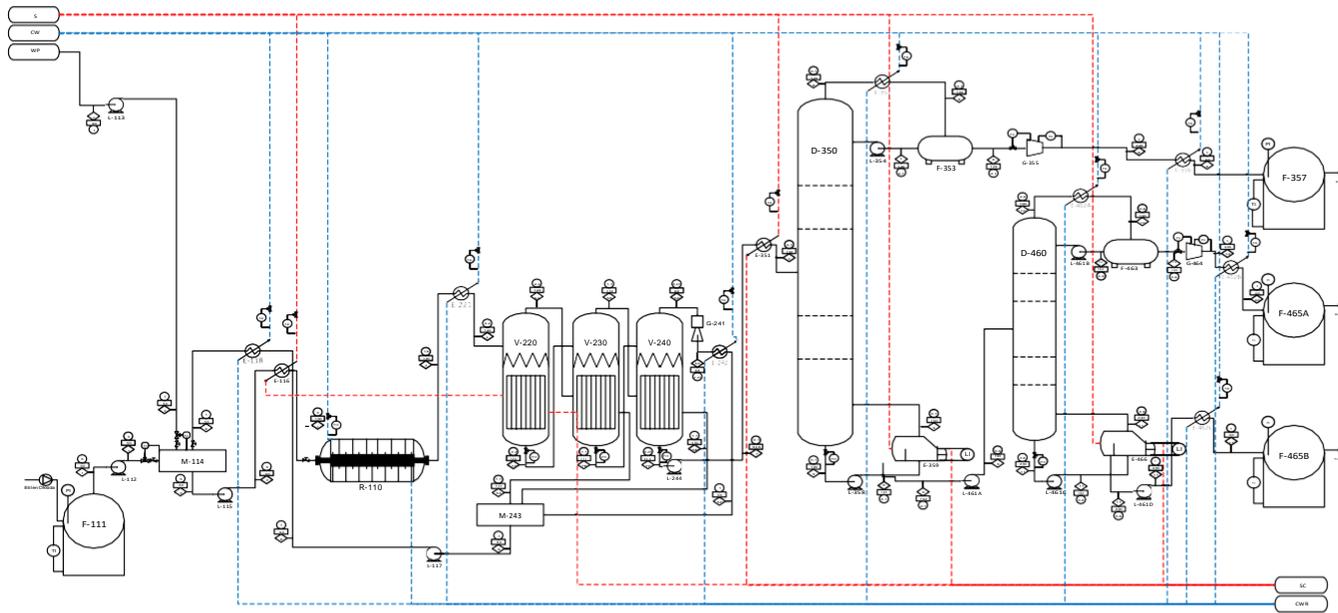
Tabel 6. Evaluasi Ekonomi Pabrik Etilen Glikol

No.	Analisis	Nilai	Batas	Keterangan
1.	ROR	80,68 %	>13%	Layak
2.	BEP	43,2 %	40% <BEP< 50%	Layak
3.	POT	1,39 tahun	< 5 tahun	Layak

Pay out time (POT) adalah waktu yang dibutuhkan untuk melunasi seluruh pinjaman dan bunganya. *Break event point* (BEP) dapat diartikan sebagai titik impas yang menunjukkan persentase kapasitas yang harus dicapai agar seluruh pinjaman lunas terbayar atau untuk mengetahui persentase kapasitas ketika biaya produksi total sama dengan total penjualan. *Rate of Return* (ROR) merupakan laju pengembalian modal yang didapat dari rasio antara laba bersih setelah pajak dengan total modal yang dibutuhkan (Kusnarjo, 2010).



Process Flow Diagram Seminar Hasil Pra Perancangan Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dengan Kapasitas 55.000 Ton/Tahun

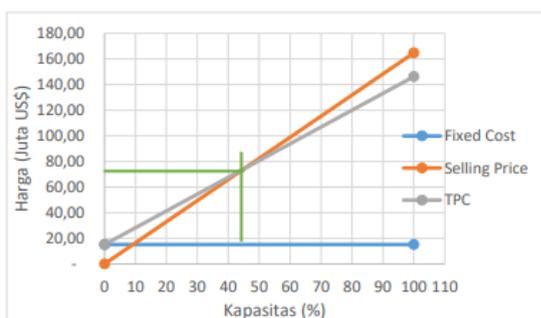


No	Kode Alat	Nama Alat
1	F-111	Tangki penyimpanan EO
2	L-112	Pompa I
3	L-113	pompa II
4	M-114	Mixing tee 1
5	L-115	Pompa III
6	E-116	Heater I
7	R-110	Reaktor
8	F-221	Cooler I
9	V-220	Evaporator 1
10	V-230	Evaporator 2
11	V-240	Evaporator 3
12	G-241	Cooler II
13	L-242	Barometrik kondensator
14	M-243	Mixing Tee II
15	L-117	Pompa IV
16	E-118	Cooler III
17	L-244	Pompa V
18	E-351	Heater II
19	D-350	Distilasi I
20	F-357	Kondensator I
21	F-358	Tangki sementara EG
22	L-359	Pompa VI
23	G-355	Kompresor I
24	E-356	Cooler IV
25	F-357	Tangki penyimpanan EG
26	L-359	Pompa VII
27	E-359	Reboiler I
28	L-461A	Pompa VIII
29	D-460	Distilasi II
30	E-462A	Kondensator II
31	F-463	Tangki sementara UEG
32	L-461B	Pompa IX
33	G-464	Kompresor II
34	E-162B	Cooler V
35	F-465A	Tangki penyimpanan DEG
36	L-461C	Pompa X
37	E-466	Reboiler II
38	L-461D	Pompa XI
39	E-162C	Cooler VI
40	F-465B	Tangki penyimpanan TEG

Neraca Massa Pra Perancangan Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida Dengan Kapasitas 55.000 Ton/Tahun

Komponen	Berat Molekul	g/mol	kg level	Mixing Tea 1						reaktor				Evaporator			Mixing Tea 2			Distilasi I			Distilasi II		
				Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar				
				Aliran <1>	Aliran <2>	Aliran <6>	Aliran <3>	Aliran <3>	Aliran <4>	Aliran <7>	Aliran <5A>	Aliran <5B>	Aliran <5C>	<6>	<7>	Aliran <6>	Aliran <8>	Aliran <9>	Aliran <10>	Aliran <11>					
Etilen Oksida	44.05	44.05	5634.8438	0	0	5634.8438	5634.8438		7000.70	7000.70						7000.70	7000.00	0.70	0.70	0.70	0.00				
Etilen Glikol	62.07	62.07							765.54	765.54						765.54	0.77	164.77	764.77	764.69	0.08				
Dietilen Glikol	106.12	106.12							34.57	34.57						34.57	0.00	34.57	34.57	0.07	34.50				
Triselen Glikol	150.17	150.17															3.76	0.00	0.00						
Air	18.015	18.015		16.95139759	2152.77.705	104892.3051	107062.0322	107062.0322	104896.07	104896.07	3.76	35364.37238	34835.11159	34492.81112	104892.3051	3.76	7004.52408	800.04483	765.46384	14.58069					
Total				5651.799198	2152.77.705	104892.3051	112096.876	112096.876	112696.876	112696.876	112696.876	35364.37238	34835.11159	34492.81112	104892.3051	7804.570902	800.04483	800.04483	800.04483						

Gambar 1. Process Flow Diagram Produksi Etilen Glikol dari Etilen Oksida Kapasitas 55.000 Ton/Tahun



Gambar 2. Grafik BEP Pabrik Etilen Glikol

Ethylene glycol: Properties, synthesis, and applications. *Chemical Society Reviews*, 41(11), 4218–4244. <https://doi.org/10.1039/c2cs15359a>

7. Kesimpulan

Pra Perancangan Pabrik Etilen Glikol Ldirencanakan akan didirikan di Kota Serang, Banten dengan kapasitas produksi sebesar 55.000 ton/tahun. Pabrik ini juga menghasilkan produk samping berupa dietilen glikol dan trietilen glikol dan direncanakan berjalan secara kontinyu selama 330 hari dalam setahun. Bentuk badan usaha yang direncanakan pada pabrik ini adalah Perseroan Terbatas/PT dengan struktur perusahaan berbentuk *line and staff*. Dari evaluasi ekonomi, diperoleh nilai *Annual Cash Flow* = US\$15.969.484,85. (89,68 %), *Pay Out Time* = 1,39 tahun, *Rate of Return* (ROR) = 80,68 %, dan *Break Event Point* (BEP) = 43,2 %. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik etilen glikol dari etilen oksida ini layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik (2023). Data Ekspor Impor Etilen Glikol. <https://www.bps.go.id>
- Finlayson, B. A., Finlayson, B. A., & Engineering, C. (2016). *Ullmann 's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. October. <https://doi.org/10.1002/14356007.b01>
- Kakimoto et al. (2002). *B2 I Method for Production of Ethylene Glycol Background of the Invention*. 2(12).
- Kusnarjo. (2010). *Desain Pabrik Kimia*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. http://eprints.upnjatim.ac.id/3286/2/desain_pabrik_kimia.pdf
- Laela, D. A., & Hairunnisa. (2021). Pra-Rancangan Pabrik Etilen Glikol Dari Etilen Oksida Dengan Proses Hidrasi Non Katalitik-Kapasitas 200.0000 Ton/Tahun. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, 4(1), 19–24. <http://jtam.ulm.ac.id/index.php/jtatk/article/view/695>
- UNOCHA. (2018). व ोT र ् ष ि ा क प ् र त ि ा व ो द न Annual Report Annual Report. *Fresenius.Com*, December, 1–168.
- Yue, H., Zhao, Y., Ma, X., & Gong, J. (2012).

