

PRARANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DENGAN PROSES HIDRASI NON KATALITIK KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN

Dessy Alfu Laela^{1*}, Hairunnisa¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jalan A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: dessyalfu@gmail.com

Abstrak

Etilen Glikol dengan rumus molekul $C_2H_6O_2$ adalah senyawa organik yang tidak berwarna, tidak berbau serta berwujud cairan. Pada Umumnya etilenglikol digunakan untuk tambahan serat pada polyester, wadah yang menggunakan PET, *antifreeze* dan pendingin pada mesin. Di Indonesia secara umum dan komersial, etilen glikol digunakan sebagai bahan baku industri tekstil (polyester) dan digunakan sebagai bahan baku tambahan pembuatan cat, cairan, lem, *solvent* (pelarut), tinta cetak, tinta pada pena, kosmetik dan bahan anti beku. Kebutuhan ini dipenuhi oleh PTxPolychem Tbk, sedangkan kekurangannya dipenuhi dari impor berbagai negara. Pabrik ini direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produk etilen glikol sebesar 200.000 ton/tahun dan rencana didirikan pada tahun 2024 untuk memenuhi kebutuhan etilen glikol di Indonesia, sehingga mengurangi angka impor. Bahan baku utama yang diperlukan adalah etilen oksida yang diperoleh dari PT Polychem Tbk dan untuk air diperoleh dari sungai Mahakam yang berada dekat area pabrik. Pabrik akan didirikan di Muara Jawa, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur.

Proses yang digunakan untuk pembuatan etilen glikol adalah hidrasi non katalitik dari etilen oksida, pada tekanan 18 atm dan suhu $190^{\circ}C$, reaktor yang digunakan adalah Reaktor Alir Pipa dan reaksi bersifat eksotermis (melepaskan panas). Keluaran reaktor yang sudah melalui proses hidrasi non katalitik dialirkan menuju evaporator untuk tahap pemisahan air dari larutan glikol. Keluaran bawah evaporator berupa campuran air, etilen glikol kemudian di murnikan menuju Menara distilasi. Keluaran *bottom* menara distilasi berupa produk etilen glikol kemudian didinginkan dan dialirkan ke tangki penyimpanan produk. Distilat berupa air dan etilen oksida kemudian dialirkan menuju kondensor yang akan dialirkan sebagai arus *recycle*.

Pemasaran etilen glikol diutamakan untuk konsumsi dalam negeri. Bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line* dan *staff*. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari *shift* dan *non-shift* dengan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 169 orang. Selain itu diperoleh juga *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 36 % dan *Return of Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 23 %. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 2,3 tahun dan *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak sebesar 3,2 tahun. Sehingga diperoleh *Break Event Point* (BEP) sebesar 49 % dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 28%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik etilen glikol dengan kapasitas 200.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci : *Etilen Glikol, Etilen Oksida, air, RAP, Evaporator, Menara Distilasi*

1. Pendahuluan

Adapun perkembangan industri di Indonesia khususnya industri kimia terus mengalami peningkatan. Meskipun sempat dilanda krisis ekonomi sampai saat ini namun dengan usaha-usaha tertentu yang dilakukan pemerintah, sektor ini mulai bangkit kembali. Dengan bangkitnya usaha sektor ini, peningkatan unsur-unsur penunjang industri itu juga makin meningkat, termasuk bahan-bahan pembantu dan penunjang.

Kebutuhan berbagai bahan baku dan bahan penunjang di Indonesia masih banyak didatangkan dari

luar negeri. Jika bahan baku dan bahan penunjang ini bisa dihasilkan di dalam negeri, hal ini akan menghemat pengeluaran devisa dan meningkatkan nilai ekspor serta mengembangkan penguasaan teknologi. Sejalan dengan kebijakan pemerintah guna peningkatan laju pertumbuhan industri oleh karena itu pembangunan industri kimia di Indonesia yang berwawasan masa depan dan mempunyai prospek yang cukup bagus.

Etilen Glikol merupakan bahan kimia yang jumlahnya belum mencukupi industri di Indonesia.



Etilen glikol itu sendiri sebagian besar digunakan sebagai bahan industri poliester. Poliester yang merupakan senyawa polimer jenis termoplastik dimana digunakan sebagai bahan bau industri tekstil dan plastik. Di samping dapat dibuat serat yang kemudian di pintal menjadi benang, juga bisa dibuat langsung menjadi benang filament untuk produksi tekstil. Selain itu, poliester ini dapat juga dibentuk (dicetak) sebagai bahan *molding* seperti pada pembuatan botol plastik. Kegunaan etilen glikol cukup banyak, umumnya etilen glikol digunakan untuk tambahan serat pada polyester, wadah yang menggunakan bahan PET, *antifreeze* dan pendingin pada mesin untuk semua kondisi cuaca serta digunakan sebagai bahan baku tambahan pembuatan cat, cairan lem, *solven* (pelarut) tintacetak, tinta pada pena, *foam stabilizer*, kosmetik dan bahan anti beku (McKetta dan Cunningham, 1984).

Adapun dengan mempertimbangkan hal tersebut di atas maka pendirian pabrik etilen glikol dari etilen oksida sangat diperlukan. Data impor etilen glikol di Indonesia tahun 2014-2018 dapat dilihat pada **Tabel 1**

Tabel 1. Data Kebutuhan Etilen Glikol di Indonesia Tahun 2014-2018

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2014	492.790,96	0
2	2015	475.208,61	-0,04
3	2016	244.848,46	-0,48
4	2017	400.590,044	0,64
5	2018	383.784,93	-0,04
Pertumbuhan Rata-rata			0,01

Dengan pertimbangan kapasitas yang ditentukan setidaknya masuk dalam kapasitas pabrik yang sudah

Tabel 3. Perbandingan Proses Pembuatan Etilen Glikol

No	Jenis Proses	Tekanan	Temperatur	Yield	Konversi	Biaya
1	Du Pont Formaldehid	700 atm	200°C	75%	kecil	mahal
2	Hidrasi Etilen Oksida					
	a. Hidrasi Non Katalitik Fase Cair	14 - 22 atm	190 - 200°C	99,5%	99,8%	murah
	b. Hidrasi Non Katalitik Fase Uap	<non-katalitik	<non-katalitik			murah
	c. Hidrasi Katalitik	<non-katalitik	<non-katalitik	80%	20%	mahal
3	Hidrasi Etilen Karbonat	3 - 97 atm	90 - 200°C	rendah	75%	mahal
4	Oksiklorinasi Teijin			90%	75%	mahal
5	Asetoksilasi Halcon	20 - 30 atm	90 - 200°C	75%		murah
6	Union Carbide Syngas	3400 atm	190 - 230°C			mahal
7	Union Carbide-Ube Syngas	rendah	rendah	98,7%	98,6%	

berproduksi di dunia. Adapun data pabrik Etilen Glikol yang telah beroperasi di dunia dapat dilihat pada **Tabel 2**

Tabel 2 Data Pabrik Etilen Glikol di Indonesia

No.	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Dow Kanada	363.000 ton/tahun
2	Dow US	400.000 ton/tahun
3	Dow Netherland	200.000 ton/tahun

Berdasarkan data tersebut dapat diperkirakan jumlah kebutuhan Etilen Glikol pada tahun 2024 yang didapatkan dari perhitungan *discounted method* dengan rumus (Ulrich, 1984):

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

Hasil perhitungan dari persamaan *discounted method* dan data Etilen Glikol pada tahun 2014 sampai 2018 menunjukkan bahwa peluang kapasitas pabrik Etilen Glikol yang akan didirikan pada tahun 2024 yaitu 200.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan impor. Sebagai pertimbangan kapasitas pabrik, dilihat juga kapasitas produksi pabrik Etilen Glikol di dunia. Dengan pertimbangan ini kapasitas yang ditentukan setidaknya masuk dalam kapasitas pabrik yang sudah berproduksi di dunia.

2. Deskripsi Proses

Pada perancangan pabrik Etilen Glikol, proses pembuatan Etilen Glikol dalam skala industri dibedakan berdasarkan beberapa parameter. Untuk memperoleh Etilen Glikol dari beberapa proses tersebut maka dipilih proses hidrasi non katalitik.

Berikut adalah perbandingan proses pembuatan Etilen Glikol, dapat dilihat pada **Tabel 3**.





Proses pembuatan Etilen Glikol ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

a. Tahap Penyimpanan Bahan Baku

Tahap penyimpanan bahan baku berfungsi untuk mengkondisikan reaktan agar sesuai dengan kondisi reaktor, dimana suhu reaktan masuk 190°C tekanan reaktor 18 atm.

➤ Etilen Oksida

Bahan baku etilen oksida dalam fase gas dengan kemurnian 99,97%, disimpan dalam tangki penyimpanan etilen oksida (F-110) yang berbentuk *spherical tank* pada kondisi temperatur 30°C dan tekanan 2 atm. Kemudian etilen oksida di kompresi dan masuk ke dalam *heater* sebelum menuju reaktor. Hasil dari pencampuran selanjutnya dialirkan menuju ke dalam reaktor alir pipa (R-210) dengan kondisi reaktor 190°C dan tekanan 18 atm.

➤ Air

Air yang telah diolah dengan spesifikasi yang diinginkan dan disimpan pada baku penyimpanan di unit utilitas pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, sebelum masuk. Reaktor terlebih dahulu air di pompakan dari unit utilitas menuju *heater* untuk menaikkan suhu dan merubah fase menjadi gas sebelum masuk ke dalam reaktor. Hasil keluaran *heater* ini siap direaksikan di dalam reaktor.

b. Tahap Sintesa Etilen Glikol

Tahap sintesa etilen glikol ini bertujuan untuk mereaksikan etilen oksida dalam fase gas di dalam reaktor alir pipa sehingga terbentuk produk etilen glikol dan produk samping berupa dietilen glikol.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

- Reaksi samping pembentukan etilen glikol

$$\text{C}_2\text{H}_4\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$$
- Reaksi samping pembentukan dietilen glikol

$$\text{C}_2\text{H}_4\text{O} + \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2 \longrightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_3$$

Untuk mencapai konversi 99,8%, maka reaktor dioperasikan pada suhu 190°C dan tekanan 18 atm, kondisi ini diterapkan agar fase reaktan dan produk dalam kondisi yang sama yaitu pada fase gas. Reaksi berlangsung secara *adiabatic non isothermal* sehingga reaktor memerlukan isolasi untuk menghindari hilangnya panas ke lingkungan.

Pada proses ini akan menghasilkan produk samping yaitu dietilen glikol. Pembentukan produk samping ini tidak dapat dihindari karena etilen oksida cepat bereaksi dengan etilen glikol dan dietilen glikol daripada dengan air. Pada kondisi ini dihasilkan selektivitas utama dari reaktan utama adalah 91,8%.

c. Tahap Pemisahan Produk

Larutan glikol yang tercampur dengan air dipisahkan menggunakan evaporator (E-310) pada suhu 156°C dan tekanan 1 atm, yang menghasilkan atasnya mengandung air dan sedikit etilen oksida berupa ap. Hasil bawah evaporator berupa campuran air, etilen glikol, dan dietilen glikol yang selanjutnya dimurnikan pada menara distilasi (D-320).

d. Tahap Pemurnian Produk

Tahap pemurnian produk ini dilakukan untuk memisahkan produk etilen glikol dari produk samping berupa dietilen glikol. Produk yang keluar dari proses pemisahan air dari larutan glikol masuk ke kolom distilasi (D-410) pada suhu 197,5°C dan tekanan 1 atm. Hasil bawah distilasi merupakan produk utama yaitu etilen glikol dengan spesifikasi yang telah ditetapkan berdasarkan standar produk yaitu dengan kemurnian 99,8%. Kemudian etilen glikol dipompakan menuju tangka penyimpanan (F-510).

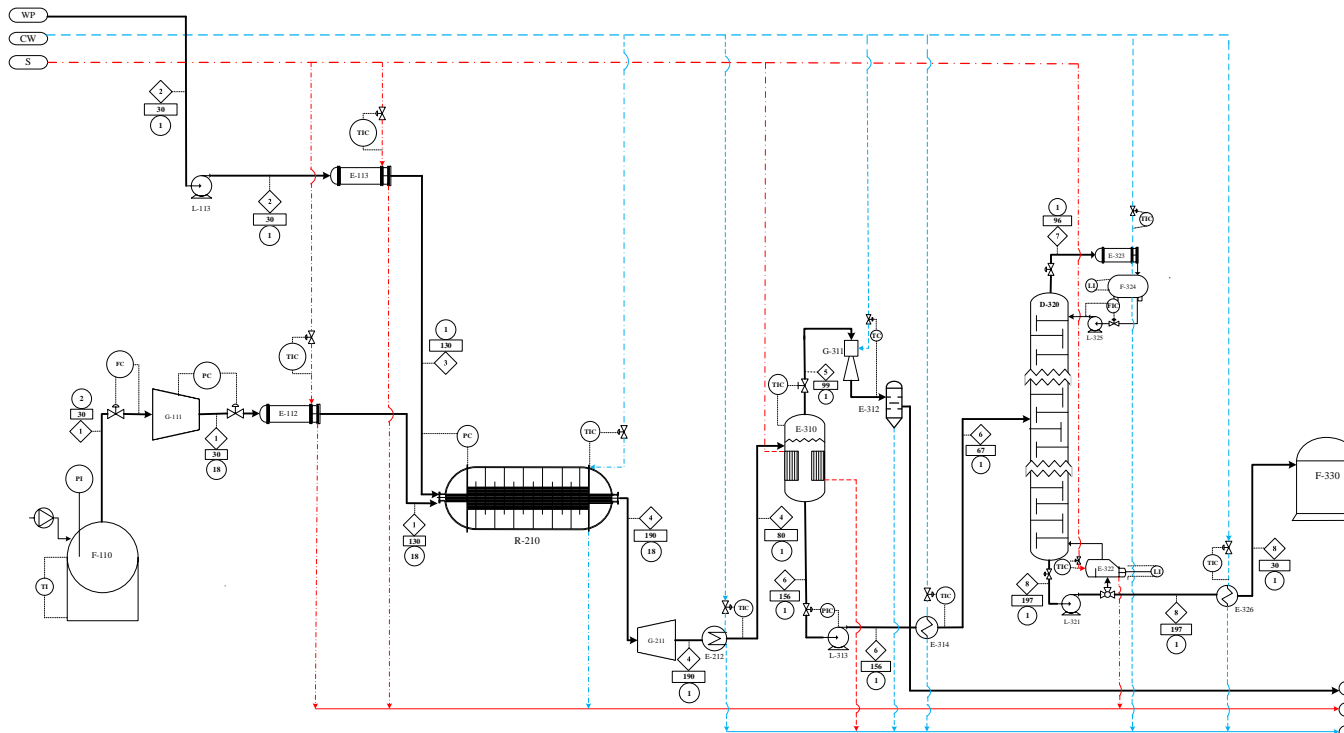
Berdasarkan perhitungan neraca massa, komposisi masuk & keluar reaktor alir pipa dapat dilihat pada **Tabel 4**

Tabel 4. Neraca Massa Reaktor Alir Pipa (R-210)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	1	3	4
C ₂ H ₄ O	17996,0286	-	35,9921
H ₂ O	-	18552,6068	11210,0508
C ₂ H ₆ O ₂	-	-	25302,5518
C ₄ H ₁₀ O ₃	-	-	0,0407
O ₂	556,5782	-	556,5782
Total	18552,607	18552,6068	37105,2136
Setimbang	37105,2136		37105,2136



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DENGAN PROSES HIDRASI NON KATALITIK KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN



KETERANGAN	
Aliran Proses	Aliran Proses
WP Water Process	◇ Nomor Aliran
S Steam	□ Temperature (°C)
CW Cooling Water	○ Tekanan (atm)
SC Steam Condensat	— Bahan Baku
CWR Cooling Water Return	⊖ Produk
WWT Waste Water Treatment	
FC Flow Control	LIC Level Indicator Control
TIC Temperature Indicator	WIC Weight Indicator Control
LIC Level Indicator	
21 F-330 TANGKI PENYIMPANAN ETILEN GLIKOL	2
20 E-326 COOLER 3	1
19 L-325 POMPA 4	1
18 F-324 AKUMULATOR	1
17 E-323 KONDENSOR	1
16 E-322 REBOLER	1
15 L-321 POMPA 3	1
14 D-320 MENARA DISTILASI	1
13 E-314 COOLER 2	1
12 L-313 POMPA 2	1
11 E-312 BAROMETRIC CONDENSOR	1
10 G-311 STEAM JET EJECTOR	1
9 E-310 EVAPORATOR	1
8 E-212 COOLER 1	1
7 G-211 EXPANDER	1
6 R-210 REAKTOR ALIR PIPA	1
5 E-114 HEATER 2	1
4 L-113 POMPA 1	1
3 E-112 HEATER 1	1
2 G-111 KOMPRESSOR	1
1 F-110 TANGKI PENYIMPANAN ETILEN OKSIDA	6
SG KODE	NAMA ALAT
Digambar Oleh :	
DENSY ALFU LAYLA (HID115205) HAIRUNNISA (HID115207)	
Diperiksa Oleh :	
Dr. Abubakar Tuhdomla, S.T., MT (19750820 200501 1 001)	
FLOW SHEET	
PRARANCANGAN PABRIK ETILEN GLIKOL DARI ETILEN OKSIDA DENGAN PROSES HIDRASI NON KATALITIK KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN	
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANJARMASRU 2019	

KOMPONEN	NERACA MASSA KG/JAM							
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8
C ₂ H ₄ O	17996.0286	-	-	35.9921	-	35.9921	35.9741	0.0180
H ₂ O	-	18552.6068	18552.6068	11210.0508	10089.0457	1121.0051	1120.4446	0.5605
C ₂ H ₆ O ₂	-	-	-	25302.5518	-	25032.5518	50.6051	25251.9467
C ₄ H ₁₀ O ₃	-	-	-	0.0407	-	0.0407	0.0407	-
O ₂	556.5782	-	-	556.5782	556.5782	-	-	-
TOTAL	18552.6068	18552.6068	18552.6068	37105.2136	10645.6239	26189.5897	1207.0645	25252.5252

Gambar 1. Process Flow Diagram Prarancangan Pabrik Etilen Glikol dari Etilen Oksida dengan Proses Hidrasi Non Katalitik Kapasitas 200.000 Ton/Tahun

3. Utilitas

Untuk memenuhi kebutuhan air pabrik, direncanakan menggunakan air kawasan dari sungai Kalianyar. Pembangkit listrik utama pada pabrik ini menggunakan generator dan sebagian kebutuhan listrik dari PLN. Kebutuhan total utilitas yang dibutuhkan pada pabrik Etilen Glikol dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Utilitas Pabrik Etilen Glikol

Kebutuhan	Jumlah
Steam	15.011,9581 kg/jam
Air	593.422,3265 kg/jam
Listrik	552,83 kW
Bahan Bakar	79.646,81 kg/jam

4. Analisis Ekonomi

Berikut adalah daftar harga bahan baku dan produk pada prarancangan pabrik Etilen Glikol

Tabel 6. Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/Kg)
Etilen Oksida	2.102
Etilen Glikol	9.807

Adapun biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik Etilen Glikol dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Total Biaya Pabrik Etilen Glikol

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	794.737.986.930,62
WC	269.977.076.853,86
TCI	1.123.584.544.297,80
TPC	1.590.232.326.020,44

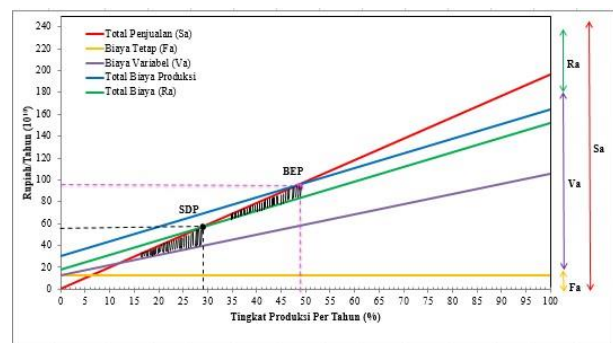
Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau kecil dan pabrik tersebut dapat dikategorikan layak atau tidak untuk didirikan maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan ekonominya. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan ekonomi antara lain adalah *Percent Profit On Sales (POS)*, *Percent Return On Investment (ROI)*, *Pay Out Time (POT)*, *Net Present Value (NPV)*, *Interest Rate of Return (IRR)*, *Break Even Point (BEP)*, dan *Shut Down Point (SDP)*. Hasil analisa ekonomi pabrik Etilen Glikol dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	23%	Min. 11%	Layak
POT	3,2 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	49%	40-60%	Layak
SDP	28%	20-40%	Layak

Return On Investment (ROI) merupakan tingkat keuntungan yang bisa dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time (POT)* merupakan waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini berfungsi untuk

mengetahui berapa lama investasi yang telah dijalankan akan kembali. *Break Even Point (BEP)* adalah titik impas atau suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung dan tidak rugi. *Shut Down Point (SDP)* merupakan suatu titik atau saat dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense (Fa)* dibandingkan harus produksi. Penyebabnya yaitu *variable cost* yang terlalu tinggi ataupun karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya aktivitas produksi dan atau tidak menghasilkan profit (Aries, 1955). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik Etilen Glikol dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP Pabrik Etilen Glikol dengan Kapasitas 200.000 Ton/Tahun

5. Kesimpulan

Prarancangan OPabrik-Etilen-Glikol-dari-Etilen Oksida dengan Proses Hidrasi Non Katalitik Kapasitas 200.000 ton/tahun akan didirikan di Muara Jawa, Kabupaten Kutai Kertanegara, Kalimantan Timur pada tahun 2024. Bentuk perusahaan yang direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasi yaitu *line* dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang diperlukan yaitu 169 orang. Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor analisa ekonomi. Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 23%, POT sebesar 3,2 tahun, BEP sebesar 49% dan SDP sebesar 28%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik Etilen Glikol ini layak untuk didirikan dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Daftar Pustaka

Aries, R. S. dan Newton, R. D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. Mc Graw-Hill, Inc: New York.

Badan Pusat Statistik Indonesia. 2018. *Data Ekspor-Impor Menurut Komoditi* <https://www.bps.go.id/> Diakses pada tanggal 29 Desember 2018.

Coulson, J.M and J. F Richardson. 1999. *Chemical Engineering Design Volume 6*.

Fauconet, M. and Richard, N., 1996, *Process for The Production of Alkyl(Meth)acrylate By Direct*



- Esterification, Patent Number: 5,510,514 pp 1-12, United States Patent Office. London.*
- Ketta, John, 1990. *Encyclopedia Chemical Process and Design*. Marchell Dekker Inc., New York.
- Kirk-Othmer. 1981. *Encyclopedia of Chemical Technology Vol. 9, 10, 12*. John Wiley & Sons Inc. New York
- Matches. 2019. www.matche.com
Diakses pada tanggal 10 Desember 2019.
- Ullmann's. 2003. *encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weiihim Fifth Completely Revised Edition of Germany.
- Ulrich, G. D. 1984. *AoGuide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New-York: John Willey and Sons.
- Walas, S.M., 1990. *“Chemical Process Equipment (Selection and Design)”*. Buterworth Heineman, USA.

