

PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL DARI *EPICHLOROHYDRIN* DAN NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 17.500 TON/TAHUN

Hexas Sarastiwi Handayani Putri^{1*}, Sylvera Bella Priscila¹

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

*Corresponding Author: sylverapriscala11@gmail.com

Abstrak

Gliserol merupakan senyawa alkohol dengan gugus hidroksil berjumlah tiga buah. Gliserol memiliki sifat fisik yaitu cairan yang kental tak berwarna, rasanya manis dan higroskopis. Aplikasi gliserol dalam industri adalah sebagai *solvent* untuk pembuatan kosmetik dan industri makanan, sebagai *plasticizing* dalam fotografi dan humektan dalam pembuatan *dental cream*. Pada industri farmasi gliserol digunakan sebagai ekstraktan untuk produksi obat-obatan (*antibiotic* dan kapsul).

Pabrik gliserol yang direncanakan dibangun di daerah Cilegon, Banten ini diproduksi dari bahan *epichlorohydrin* dan natrium hidroksida dengan menggunakan proses hidrolisis. Reaksi pembuatan gliserol dari *epichlorohydrin* dan natrium hidroksida terjadi dalam *continuous stirred tank reactor (CSTR)* yang disusun secara seri pada fase cair-cair. Reaksi bersifat eksotermis dan berlangsung pada suhu 150 °C pada tekanan 5 atm. Keluaran reaktor yang sudah melalui proses netralisasi dialirkan menuju evaporator untuk memisahkan *epichlorohydrin* dan air. Keluaran dari evaporator kemudian dilarutkan dengan isopropyl alcohol dan dipisahkan dengan alat *decanter* untuk memisahkan antara gliserol dan Natrium klorida. Kemudian keluaran produk gliserol akan dialirkan menuju penyimpanan produk. Kapasitas pabrik gliserol diproduksi dengan kapasitas 17.500 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun dan dioperasikan mulai tahun 2023. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 132 orang dan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi garis dan staf. Kebutuhan utilitas diambil dari sungai Ciujung sebanyak 9026,5026 Kg/jam. Sedangkan kebutuhan listrik untuk operasional pabrik sebesar 153,06 kW disuplai dari PLN setempat dan memiliki cadangan energi dari generator.

Hasil analisa ekonomi menunjukkan bahwa nilai *Return on Investment (ROI)* sesudah pajak untuk pabrik ini sebesar 20%, *Pay Out Time (POT)* sesudah pajak sebesar 3,34 tahun. Sedangkan nilai *Break Even Point (BEP)* sebesar 46% dan *Shut Down Point (SDP)* sebesar 21%. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa pabrik ini bisa dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : *Epichlorohydrin*, Gliserol, Natrium, *Break Event Point* dan *Shut Down Point*

1. Pendahuluan

Pertumbuhan industri kimia di Indonesia mengalami kemajuan. Hal ini dibuktikan dengan berkembangnya pabrik yang menggunakan bahan kimia untuk mengolah bahan mentah menjadi bahan jadi. Seiring dengan berkembangnya industri di Indonesia, maka kebutuhan gliserol yang merupakan bahan baku serta bahan penunjang mengalami peningkatan.

Gliserol digunakan secara luas dalam berbagai industri kimia seperti industri makanan, industri farmasi, dan industri kosmetik. Selain itu, gliserol juga digunakan untuk pembuatan bahan peledak, resin, tinta printer dan sebagai bahan anti beku (Kirk-Othmer, 1998).

Namun, gliserol yang diproduksi di Indonesia hanya berasal dari hasil samping pembuatan sabun dan minyak.

Gliserol yang berkembang pada saat ini adalah gliserol sintetik yang ditemukan sejak tahun 1949. Kebutuhan gliserol sintetik semakin meningkat, akan tetapi belum ada pabrik yang memproduksi gliserol sintetik di Indonesia. Alternatif dari pembuatan gliserol bahan *epichlorohydrin*, natrium hidroksida dan air. *Epichlorohydrin* (C_3H_5ClO) adalah cairan tak berwarna yang bersifat mudah terbakar, beracun, larut dalam bahan pelarut organik dan sedikit larut dalam air (Perry, 1984). Pertimbangan



utama dari pendirian pabrik Gliserol ini di Indonesia adalah dapat memenuhi kebutuhan gliserol dalam negeri dan juga karena prospeknya yang menguntungkan di masa mendatang karena belum ada pabrik gliserol sintetik di Indonesia.

Perancangan pabrik gliserol ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan gliserol di Indonesia yang diharapkan dapat mengurangi kebutuhan impor bahan kimia tersebut. Selain itu, hal ini dapat menjadi pelopor tumbuhnya pabrik gliserol sintetik yang lain untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Dipandang dari segi sosial akan dapat memberikan lapangan pekerjaan bagi penduduk serta meningkatkan pendapatan pemerintah suatu daerah.

Mempertimbangkan tujuan dan prospek yang menguntungkan yang telah dijabarkan maka pendirian pabrik gliserol dari epichlorohydrin dan natrium hidroksida sangat diperlukan. Data impor gliserol di Indonesia tahun 2008-2017 dapat dilihat pada **Tabel 1** (Badan Pusat Statistik, 2017).

Tabel 1 Data Impor Gliserol di Indonesia Tahun 2010-2018

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2008	2.500	0
2	2009	3.883	0,55
3	2010	3.650	-0,05
4	2011	1.962	-0,46
5	2012	2.326	0,18
6	2013	2.207	-0,05
7	2014	2.448	0,11
8	2015	1.796	-0,27
9	2016	3.026	0,68
10	2017	4.531	0,50
Pertumbuhan Rata-rata			1,19

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

Tabel 3. Perbandingan Proses Pembuatan Gliserol

Parameter	Proses I	Proses II	Proses III
Kondisi Operasi	350-500°C ; 2 atm	250°C ; 41-48 atm	110-130 °C ; 1 atm
Reaksi	Cair-cair	Cair-Cair	Cair-cair
bahan baku	<i>Propylene</i>	Minyak dan Basa Kuat	<i>Epichlorohydrin</i> dan Natrium Hidroksida
Konversi	98%	97%	99%
Waktu reaksi	Proses memerlukan biaya mahal karena harus shut down untuk meregenerasi katalis	Hasil samping dari proses pembuatan sabun Memerlukan penambahan proses pemurnian hasil samping untuk mendapatkan gliserol yang diinginkan	Proses pemurnian <i>relative</i> lebih mudah karena konversi yang tinggi

berproduksi di Dunia. Adapun data pabrik gliserol yang telah beroperasi di Dunia dapat dilihat pada **Tabel 2**

Tabel 2 Data Pabrik Gliserol di Dunia

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Procter & Gamble	Ivorydale	72.727
Emery Oleochemical	Cincinnati	29.545
Vantage Oleochemical	Chicago	27.272
BMC Brogenix	Memphis	13.636
WF	Montgomery	13.636
Twin Rivers Technologies	Quincy	12.727

Dari data tersebut maka dapat diperkirakan jumlah kebutuhan pada tahun 2023 yang didapatkan dari perhitungan *discounted method* dengan rumus (Ulrich, 1984):

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

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan *discounted method* dan data gliserol pada tahun 2008 sampai 2017 menunjukkan bahwa peluang kapasitas pabrik gliserol yang akan didirikan pada tahun 2023 yaitu 17.500 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan impor dan sebagian kecil untuk diekspor. Sebagai pertimbangan kapasitas pabrik, dilihat juga kapasitas produksi pabrik gliserol di Dunia. Dengan pertimbangan ini kapasitas yang ditentukan setidaknya masuk dalam kapasitas pabrik yang sudah berproduksi di Dunia.

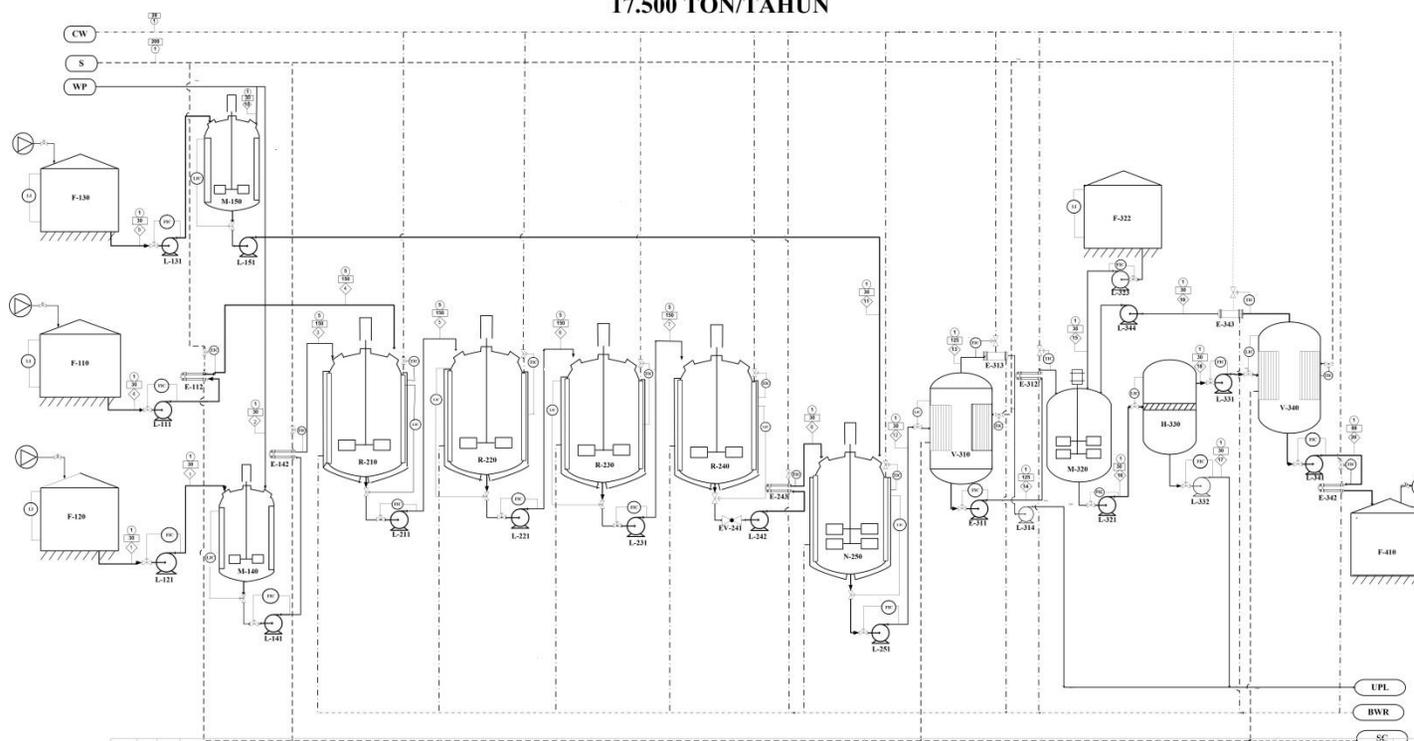
2. Deskripsi Proses

Pada perancangan pabrik gliserol ini, proses pembuatan gliserol dalam skala industri dibedakan berdasarkan prosesnya. Ada proses propylene melalui *acrolein*, ada proses reaksi saponifikasi dan ada proses hidrolisis *epichlorohydrin*.

Berikut adalah perbandingan proses produksi gliserol. Dapat dilihat pada **Tabel 3.**



PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL DARI EPICHLOROHYDRIN DAN NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 17.500 TON/TAHUN



KETERANGAN	
Aliran Proses	Aliran Proses
WP Water Proses	◇ Nomor Aliran
S Steam	○ Temperatur (°C)
SC Steam Condensat	□ Tekanan (atm)
WW Waste Water Treatment	○ Bahan Baku
	→ Produk
FC Flow Control	UC Level Indicator Control
TC Temperature Indicator Control	PC Pressure Control
L Level Indicator	

F-110	TANGKI GLISEROL	4
L-344	POMPA KONDENSOR EVAPORATOR II	1
E-343	KONDENSOR EVAPORATOR II	1
E-342	COOLER EVAPORATOR II	1
L-341	POMPA EVAPORATOR II	1
V-340	EVAPORATOR II	1
L-331	POMPA BEKANTER	1
H-330	DEKANTER	1
E-323	POMPA TANGKI ISOPROPIL ALKOHOL	2
F-322	TANGKI ISOPROPIL ALKOHOL	2
L-321	POMPA MIXER	1
M-320	MIXER ISOPROPIL ALKOHOL	1
E-313	KONDENSOR EVAPORATOR I	1
E-312	COOLER EVAPORATOR I	1
L-311	POMPA EVAPORATOR I	1
V-310	EVAPORATOR I	1
L-251	POMPA NETRALIZER	1
N-250	NETRALIZER	1
E-243	COOLER REAKTOR	1
EV-242	EXPANDER FALTE	1
L-241	POMPA REAKTOR IV	1
R-240	REAKTOR IV	1
L-231	POMPA REAKTOR III	1
R-230	REAKTOR III	1
L-221	POMPA REAKTOR II	1
R-220	REAKTOR II	1
L-211	POMPA REAKTOR I	1
R-210	REAKTOR I	1
L-151	POMPA MIXER HIDROGEN KLORIDA	1
M-150	MIXER HIDROGEN KLORIDA	1
L-131	POMPA HIDROGEN KLORIDA	1
F-130	TANGKI HIDROGEN KLORIDA	1
E-142	HEATER NATRIUM HIDROKSIDA	1
L-144	POMPA MIXER NATRIUM HIDROKSIDA	1
M-140	MIXER NATRIUM HIDROKSIDA	1
L-121	POMPA NATRIUM HIDROKSIDA	2
F-120	TANGKI NATRIUM HIDROKSIDA	2
E-112	HEATER EPICHLOROHYDRIN	4
L-111	POMPA EPICHLOROHYDRIN	4
F-110	TANGKI EPICHLOROHYDRIN	4
KODE	NAMA ALAT	JUMLAH
Dibuat Oleh :		
HEXAS SARASTIWI HANDAYANI PUTRI (HDI15011)		
SYLVERA BELLA PRISCILA (HDI15051)		
Diperiksa Oleh :		
Dr. ISNA SYAUQIAT S.T., M.T. (19060081097621802)		
FLOWSHEET PRARANCANGAN PABRIK GLISEROL DARI EPICHLOROHYDRIN DAN NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN KAPASITAS 17.500 TON/TAHUN		
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMONGAN MANGKURAT BANJARBARU 2020		

Komponen	Neraca Massa (Kg/Jam)																				
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15	Arus 16	Arus 17	Arus 18	Arus 19	Arus 20	
C ₃ H ₅ OCl				2198,89	1209,39	362,82	54,42	0,54				0,544	0,544								
NaOH	1066,13		1066,13																		
HCl									105,39		105,39										
C ₃ H ₅ O ₃				984,15	1826,15	2132,88	2186,46					2186,46				2186,46		2186,46			2186,46
C ₃ H ₅ OH															22,198	2219,76		2219,76	2197,56	22,1976	
NaCl					625,79	1161,19	1356,23	1390,31				1559,21		1559,21		1559,21	1558,28	0,94			0,93553
H ₂ O	1154,97	844,018	1999	22,21	1828,65	1663,91	1603,90	1593,42	179,44	44,50	223,95	1869,33	1775,87	93,47	0,22	936,89	93,6887	843,20	843,198		
Total	2221,10	844,018	3065,1	2221,10	5286,22	5286,22	5286,22	5286,22	284,83	44,50	329,33	5615,55	1776,41	3839,14	22,42	6902,32	1651,97	5250,36	3040,76	2209,6	

Gambar 1. Process Flow Diagram Prarancangan Pabrik Gliserol dari Epichlorohydrin dan Natrium Hidroksida dengan Kapasitas 17.500 Ton/Tahun

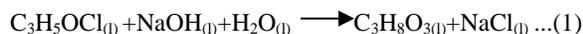
Proses pembuatan Gliserol ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Epichlorohydrin dari tangki penyimpanan (F-110) dialirkan menuju *heater* I (E-112). Kemudian dialirkan menggunakan pompa menuju ke Reaktor I (R-210). NaOH 48% dari tangki penyimpanan (F-120), Kemudian dialirkan menuju *mixer* I (M-140) untuk mengencerkan dari 48% menjadi 10%. NaOH yang telah diencerkan dialirkan menuju *heater* II (E-142) selanjutnya dialirkan menggunakan pompa menuju Reaktor I (R-210). Dan asam klorida (HCl) yang disimpan dalam fase cair pada tangki penyimpanan (F-130). Kemudian diencerkan dari 37% menjadi 32% menggunakan *mixer* II (M-150) setelah itu, dialirkan menggunakan pompa menuju *neutralizer* (N-250).

b. Tahap Reaksi

Epichlorohydrin dan NaOH direaksikan dalam reaktor alir tangki berpengaduk berjumlah 4 buah yang disusun secara seri. Perbandingan mol *Epichlorohydrin* : NaOH=1:1. Konversi yang didapatkan adalah 99%. Reaksi berjalan dengan suhu 150 °C dan tekanan 5 atm. Reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah :



c. Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Produk keluar reaktor (R-210) terdiri atas *epichlorohydrin*, NaOH dan air, selanjutnya diumpankan *neutralizer* (N-250) untuk menetralkan campuran dengan menambah HCl yang keluar dari *Mixer* II (Cofer, 1958). Selanjutnya hasil dari *neutralizer* diumpankan ke dalam evaporator (V-310) untuk menguapkan air dan *epichlorohydrin* dipisahkan dari produk keluaran *neutralizer*. Hasil atau yang berupa air dan *epichlorohydrin* akan teruap dan hasil bawah dialirkan menuju ke *mixer* III (M-320). *Mixer* III (M-320) diumpankan *isopropyl alcohol* sebagai pelarut organik yang melarutkan gliserol, sehingga terpisahkan dari NaCl dalam fase padatan. Campuran ini lalu dialirkan menuju Dekanter (H-330). Alat dekanter ini akan memisahkan antara NaCl dan larutan *isopropyl alcohol*-gliserol. Hasil atas yang dihasilkan dari Dekanter (H-330) dialirkan menuju Evaporator II (V-340). Evaporator II (V-340) berfungsi untuk memisahkan gliserol dan *isopropyl alcohol*. Hasil atas akan direcycle kembali menuju *mixer* III (M-320). Hasil bawah akan didapatkan gliserol berupa produk gliserol.

Reaksi pembentukan gliserol merupakan reaksi orde 2 dengan nilai k sebesar 32,8 m³/kmol.jam dengan konversi sebesar 99% (US2838574). Adapun persamaan kecepatan reaksi adalah sebagai berikut:

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B$$

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

Tabel 4. Neraca Massa Reaktor

Komponen	Aliran Masuk Reaktor I (kg/jam)		Aliran Keluar Reaktor IV (kg/jam)
	3	4	8
C ₃ H ₅ OCl	-	2233,902	98,00
NaOH	1083,104	-	293,31
C ₃ H ₈ O ₃	-	-	2155
NaCl	-	-	28,14
H ₂ O	2030,820	22,565	312,22
Subtotal	3113,924	2256,467	5370,390
TOTAL	5370,390		5370,390

3. Utilitas

Untuk memenuhi kebutuhan air pabrik, direncanakan menggunakan air dari sungai Ciujung. Pembangkit listrik utama pada pabrik ini menggunakan listrik dari PLN dan terdapat generator sebagai suplai listrik cadangan. Kebutuhan total utilitas yang dibutuhkan pada pabrik gliserol dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Utilitas Pabrik Gliserol

Kebutuhan	Jumlah
Steam	2736,724 kg/jam
Air	6289,879 kg/jam
Listrik	153,06 kW
Bahan Bakar	378,223 L/jam

4. Analisis Ekonomi

Berikut adalah daftar harga bahan baku dan produk pada prarancangan pabrik gliserol.

Tabel 6. Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/Kg)
<i>Epichlorohydrin</i>	15.250
NaOH	2.706
<i>Isopropyl alcohol</i>	9.200
Gliserol	35.550

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

Tabel 7. Total Biaya Pabrik Gliserol

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	364.289.018.300,86
WC	169.396.373.579,53
TCI	510.317.252.127,51
TPC	828.705.319.051,22



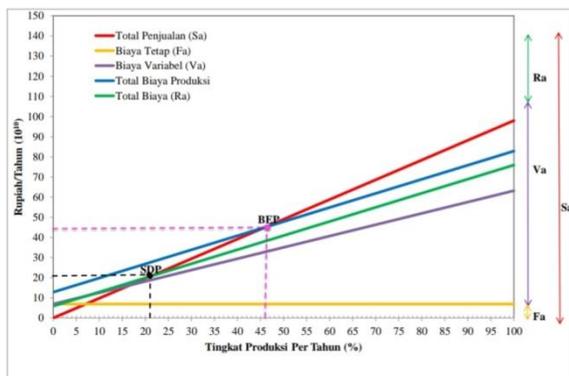


Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau kecil dan pabrik tersebut dapat dikategorikan layak atau tidak untuk didirikan maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan ekonominya. Hasil analisa ekonomi pabrik gliserol dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	20%	Min. 11%	Layak
POT	3,34 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	45%	40-60%	Layak
SDP	21%	20-40%	Layak

Tabel di atas menjelaskan beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan ekonomi. *Return On Investment* (ROI) adalah tingkat keuntungan yang dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time* (POT) merupakan waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan untung yang dicapai. Ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan 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. Sedangkan *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 antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi atau tidak menghasilkan profit (Aries, 1955). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik gliserol dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP Pabrik Gliserol dengan Kapasitas 17.500 Ton/Tahun

5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik Gliserol dari *Epichlorohydrin* dan Natrium Hidroksida dengan Proses Hidrolisis Kapasitas 17.500 ton/tahun akan didirikan di Cilegon, Banten pada tahun 2023. Bentuk perusahaan yang direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasi yaitu garis dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang diperlukan yaitu 132 orang. Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor analisa ekonomi. Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 20%, POT sebesar 3,34 tahun, BEP sebesar 46% dan SDP sebesar 21%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik gliserol 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. 2017. *Data Ekspor-Impor Menurut Komoditi*. <https://www.bps.go.id/> Diakses pada tanggal 18 Januari 2018.
- Brown, G. G et all. 1956. *Unit Operations*. John Wiley & Sons, Inc: New York.
- Brownell, Llyod E and Edwin H.Y. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc: New York.
- Cofer, K. B. 1958. *Continous Hydrolysis of Epichlorohydrin. United State Patent. Patent number 2,838,574*
- Considine, Douglas M. 1985. *Instruments and Controls Handbook 3 Edition*. USA: Mc.Graw-Hill, Inc.
- Coulson, J.M and J. F Richardson. 1999. *Chemical Engineering Design Volume 6*. Department of Chemical Engineering: Butterworth-Heinemann.
- Direktorat Jenderal Industri Agro Dan Kimia Departemen Perindustrian. 2009. *Industri Gliserol*. Departemen Perindustrian. Jakarta.
- Faith, W. L., Clark, R. L., & Keyes, D. B. 1957. *Industrial Chemicals*: New York; Chapman & Hall: London.
- Geankoplis, Christie John. 1997. *Transport Processes and Unit Operation Third Edition*. Prentice Hall: New Jersey.
- Hesse, H. C., & Rushton, J. H. 1959. *Process Equipment Design*. VonNostrand Company Inc: New York.





- Joshi, M. V. 1976. *Process Equipment Design*. Mc Millan Company: New Delhi.
- Icis Business. 2012. *American chemical profile gliserol news*.
<http://www.icis.com/resources/news/2010/02/229336494/Americanchemical-profile-glyserol/>.
Diakses pada 22 Maret 2018.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: Mc.Graw Hill.
- Ketta, John, 1990. *Encyclopedia Chemical Process and Design*. Marchell Dekker Inc., New York.
- Perry, R.H., 1984, *Perry's Chemical Engineers Handbook, 6 ed.*, Mc.Graw Hill Book Company, Inc., New York.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Willey and Son



