

PRARANCANGAN PABRIK *DIOCTYL PHTHALATE* DARI *PHTHALIC ANHYDRIDE* DAN *2-ETHYL HEXANOL* DENGAN KATALIS *TETRABUTYL TITANATE* MELALUI PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

Nur Hidayati^{1*}, Mahmudatun Nisa¹

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

*Corresponding Author: yaya.nurhidayati75@gmail.com

Abstrak

Diocetyl phthalate yang merupakan suatu senyawa yang banyak digunakan sebagai bahan pembantu dalam industri plastik (*plasticizer*) dan sebagainya dimana industri-industri tersebut akan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Beberapa industri yang memanfaatkan *diocetyl phthalate* yaitu industri kulit imitasi, kabel, sol sepatu dan lain sebagainya. Selain itu *diocetyl phthalate* sebagai *plasticizer* juga digunakan untuk berbagai resin dan elastomer. Sehingga peluang berkembangnya industri *diocetyl phthalate* di Indonesia cukup besar, maka perlu direncanakan perancangan pabrik kimia dengan produk *diocetyl phthalate*. Pabrik ini direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produk *diocetyl phthalate* sebesar 25.000 ton/tahun dan rencana didirikan pada tahun 2024. Bahan baku utama yang diperlukan adalah *phthalic anhydride* dan *2-ethyl hexanol* dengan bantuan katalis *tetrabutyl titanate*. Pabrik direncanakan akan didirikan di Gresik, Jawa Timur.

Reaksi pembentukan *diocetyl phthalate* berlangsung secara eksotermis pada suhu 165°C dan tekanan 1 atm dalam *continuous stirred tank reactor* (CSTR). Di dalam reaktor terjadi reaksi esterifikasi pembentukan *diocetyl phthalate*. Hasil keluaran reaktor kemudian diproses lebih lanjut untuk mendapatkan *diocetyl phthalate* berbentuk cairan bening. *Diocetyl phthalate* berbentuk cairan bening diperoleh dari proses adsorpsi menggunakan karbon aktif pada suhu 102,1353°C dan tekanan 1 atm hingga warna dari *diocetyl phthalate* menjadi 10 hazen.

Pemasaran *diocetyl phthalate* diutamakan untuk konsumsi dalam negeri dan juga dipasarkan keluar negeri. Bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff*. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari *shift and non shift* dengan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 132 orang. Adapun hasil analisa ekonomi memberikan hasil *Total Capital Investment* (TCI) adalah sebesar Rp 526.254.442.821,09,- dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp 1.087.065.000.000,00,-. Selain itu diperoleh juga *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 27% dan *Return of Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 17%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 2,72 tahun dan *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak sebesar 3,65 tahun. Sehingga diperoleh *Break Event Point* (BEP) sebesar 50,70% dan *Shut down point* (SDP) sebesar 30,98%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik *diocetyl phthalate* dengan kapasitas 25.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: *diocetyl phthalate*, *phthalic anhydride*, *2-ethyl hexanol*, *tetrabutyl titanate*, karbon aktif, esterifikasi.

1. Pendahuluan

Diocetyl phthalate (DOP) secara fisik berwujud cairan kental tidak berwarna sampai kuning terang. *Diocetyl phthalate* dengan rumus molekul $C_{24}H_{38}O_4$ memiliki berat molekul 390,564 g/mol. *Diocetyl phthalate* larut dalam etanol, aseton, dietil ester dan hidrokarbon aromatic. *Diocetyl phthalate* tidak larut dalam air dingin dan dapat bercampur dengan minyak mineral dan heksana. Kelarutan *diocetyl phthalate* dalam air 0,3 mg/L pada suhu 25°C (SNI, 1987).

Dewasa ini perkembangan industri cukup pesat terutama subsektor industri kimia, disebabkan kebutuhan bahan kimia dan barang hasil industri kimia terus meningkat. Salah satu industri kimia terpenting adalah pembuatan cairan *diocetyl phthalate*. Di bidang industri, penggunaan *diocetyl*

phthalate cukup luas yaitu sebagai sebagai bahan pembantu dalam industri bahan-bahan plastik (*plasticizer*) dan juga digunakan dalam industri kulit imitasi, kabel, sol sepatu dan lain sebagainya. Selain itu *diocetyl phthalate* sebagai *plasticizer* juga digunakan untuk berbagai resin dan elastomer. *Diocetyl phthalate* dapat digunakan sebagai cairan dielektrik dan juga dapat digunakan sebagai komponen dalam bahan kemasan makanan (Kirk and Othmer, 1981).

Indonesia masih melakukan impor *diocetyl phthalate* untuk mencukupi kebutuhan lokal meskipun bahan kimia ini sudah dapat diproduksi di dalam negeri. Sehingga dengan mendirikan pabrik *diocetyl phthalate*, diharapkan kebutuhan impor dalam negeri dapat ditekan dan kebutuhan bahan



baku untuk industri barang-barang dari plastik dan lain-lain dapat dipenuhi.

Berikut ini merupakan perusahaan yang memproduksi *diocetyl phthalate* di dunia dapat dilihat pada **Tabel 1** sebagai berikut.

Tabel 1. Kapasitas Produksi *Diocetyl Phthalate* di Dunia

Negara	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
Gresik Indonesia (PT. Petronika)	30000
Thailand (Continental Petrochemical Thailand)	36000

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, jumlah *Diocetyl Phthalate* yang diimpor ke Indonesia dari tahun 2012 hingga tahun 2017 dapat dilihat pada **Tabel 2** di bawah sebagai berikut (Badan Pusat Statistik, 2019).

Tabel 2. Data Impor *Diocetyl Phthalate* di Indonesia Tahun 2012-2017

Tahun	Jumlah (Ton)	Pertumbuhan (%)
2012	6402,92	0,00
2013	5858,15	-0,09
2014	4942,47	-0,16
2015	7142,10	0,45
2016	10149,73	0,42
2017	19117,33	0,88
Total	53612,71	1,51
Rata-rata	8935,45	0,25

Tabel 3 Jenis-Jenis Proses Pembuatan *Diocetyl Phthalate*

Parameter	Esterifikasi dengan Katalis Asam Sulfat	Esterifikasi dengan Katalis <i>Tetrabutyl Titanate</i>
Waktu reaksi	16-20 jam (Yinping, 2014)	10-15 menit (Bhutada & Pangarkar, 1986)
Jenis katalis	Homogen	Homogen
Pemisahan katalis	Susah dipisahkan	Susah dipisahkan
<i>Yield</i>	99,3% (Yinping, 2014)	99,6% (Yanhua et al, 2009)
Konversi	99% (Uhm et al, 1987)	99,8% (Yanhua et al, 2009)
Produk yang dihasilkan	<i>diocetyl phthalate</i> dan air	<i>diocetyl phthalate</i> dan air
Suhu reaksi	100-250 °C (Yinping, 2014)	165°C, 185°C, 200°C (Bhutada & Pangarkar, 1986)

Atas beberapa pertimbangan di atas, maka dalam proses pembuatan *diocetyl phthalate* ini digunakan katalis *tetrabutyl titanate*. Proses esterifikasi dengan katalis *tetrabutyl titanate* memiliki beberapa keuntungan yaitu waktu operasi lebih singkat, konversi yang tinggi sehingga dari segi ekonomi lebih menguntungkan, *yield* yang dihasilkan lebih banyak dan katalis sedikit untuk dipisahkan.

Pabrik direncanakan akan didirikan pada tahun 2024. Penentuan kapasitas produksi dilakukan dengan *discounted method* dengan meninjau data yang ada yaitu jumlah ekspor dan impor bahan tersebut di Indonesia dengan menggunakan persamaan berikut (Ulrich, 1984):

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

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan *discounted method* dan data *diocetyl phthalate* (DOP) pada tahun 2012 sampai 2017 menunjukkan peluang *diocetyl phthalate* (DOP) yang akan didirikan pada tahun 2024 yaitu sebesar 36.017,26 ton/tahun. Kapasitas produksi ditentukan dengan melihat kapasitas pabrik serupa yang masih beroperasi dengan kapasitas produksi sebesar 30.000 ton/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan, untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maka kapasitas produksi pabrik *diocetyl phthalate* sebesar 25.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

Metode yang digunakan untuk mensintesis *phthalic anhydride* dengan *2-ethyl hexanol* adalah dengan menggunakan proses reaksi esterifikasi. Berdasarkan bahan baku antara *phthalic anhydride* dan *2-ethyl hexanol* serta katalis yang digunakan proses pembuatan *diocetyl phthalate* dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu (Satpute et al, 2013) esterifikasi dengan katalis asam sulfat dan esterifikasi dengan katalis *tetrabutyl titanate*. Perbandingan proses pembuatan *Diocetyl Phthalate* dapat dilihat pada **Tabel 3**.

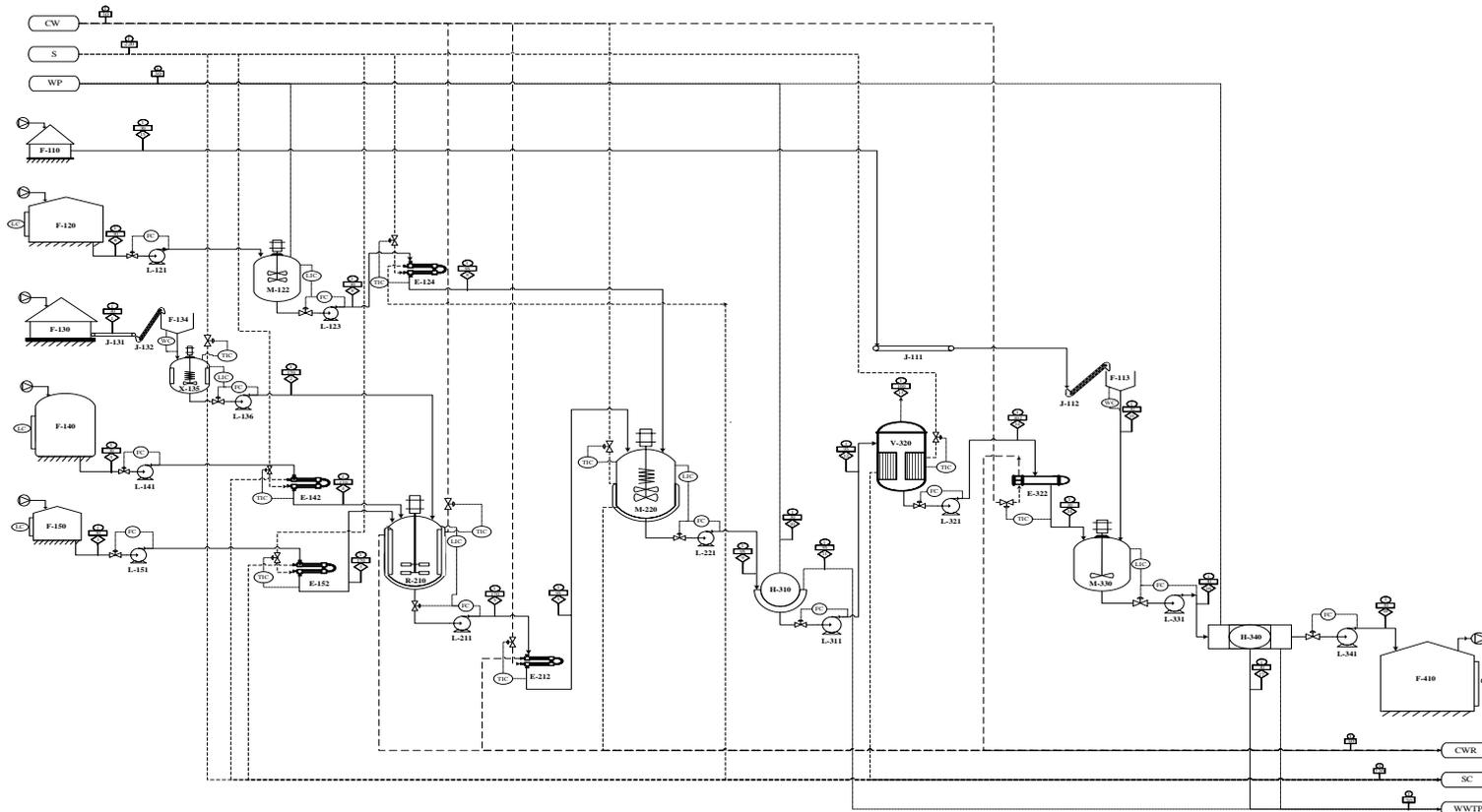
Kondisi Operasi

- Reaktor : Alir tangki berpengaduk dengan jaket pendingin
- Suhu dan tekanan : 165°C dan 1 atm
- Perbandingan mol *2-ethyl hexanol*: *phthalic anhydride* : 2:1
- Sifat reaksi : *Irreversible*, eksotermis
- Katalis : *Tetrabutyl titanate*



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRARANCANGAN PABRIK *DIETHYL PHTHALATE* DARI *PHTHALIC ANHYDRIDE* DAN *2-ETHYL HEXANOL* DENGAN KATALIS *TETRABUTYL TITANATE* MELALUI PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN



KETERANGAN	
Aliran Proses	Aliran Proses
CW	Cooling Water
CWR	Cooling Water Return
S	Steam
SC	Steam Condensat
WP	Water Process
WWTP	Wang Water Treatment Plant
FC	Flow Control
LI	Level Indicator
LIC	Level Indicator Control
TC	Temperature Control
TIC	Temperature Indicator Control
LRC	Level Indicator Control
WC	Weight Control
	Nomor Aliran
	Temperature (°C)
	Tekanan (atm)
	Bahan Baku
	Produk

No.	Kode	Nama Alat	Jumlah
36	F-410	Tangki Penyimpanan C ₁₀ H ₁₆ O ₄	1
35	L-341	Pompa Filter Press	1
34	H-340	Filter Press	1
33	L-331	Pompa Tangki Dekolorisasi	1
32	M-330	Tangki Dekolorisasi	1
31	E-322	Cooler Evaporator	1
30	L-321	Pompa Evaporator	1
29	L-320	Evaporator	1
28	L-311	Pompa Rotary Drum Vacuum Filter	1
27	H-310	Rotary Drum Vacuum Filter	1
26	L-221	Pompa Neutraliser	1
25	M-220	Neutraliser	1
24	E-212	Cooler Reaktor	1
23	L-211	Pompa Reaktor	1
22	R-210	Reaktor	1
21	E-152	Heater C ₁₀ H ₁₆ O ₄ /Ti	1
20	L-151	Pompa C ₁₀ H ₁₆ O ₄ /Ti	1
19	F-150	Tangki Penyimpanan C ₁₀ H ₁₆ O ₄ /Ti	1
18	E-142	Heater C ₂ H ₅ O	1
17	L-141	Pompa C ₂ H ₅ O	1
16	F-140	Tangki Penyimpanan C ₂ H ₅ O	1
15	L-136	Pompa Mixer	1
14	M-135	Mixer C ₂ H ₅ O	1
13	F-134	Hopper C ₂ H ₅ O	1
12	J-132	Bucket Elevator C ₂ H ₅ O	1
11	J-131	Belt Conveyor C ₂ H ₅ O	1
10	F-130	Gudang Penyimpanan C ₂ H ₅ O	1
9	E-124	Heater Mixer	1
8	L-123	Pompa Mixer	1
7	M-122	Mixer NaOH	1
6	L-121	Pompa NaOH	1
5	F-120	Tangki Penyimpanan NaOH	1
4	F-113	Hopper Karbon Aktif	1
3	J-112	Bucket Elevator Karbon Aktif	1
2	J-111	Belt Conveyor Karbon Aktif	1
1	F-110	Gudang Penyimpanan Karbon Aktif	1

Dikerjakan Oleh :
 Nur Hidayati (IH115021)
 Mahmudatul Nisa (IH115014)

Dosen Pembimbing :
 Muthia Elma, ST., M.Sc., Ph.D.
 NIP. 19740821 200212 2 003

FLOWSHEET

PRARANCANGAN PABRIK *DIETHYL PHTHALATE* DARI *PHTHALIC ANHYDRIDE* DAN *2-ETHYL HEXANOL* DENGAN KATALIS *TETRABUTYL TITANATE* MELALUI PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS LAMBUUNG MANGKURAT
 BANJARBARU

2020

Komponen	Neraca Massa (kg/jam)																		
	Aliran 1	Aliran 2	Aliran 3	Aliran 4	Aliran 5	Aliran 6	Aliran 7	Aliran 8	Aliran 9	Aliran 10	Aliran 11	Aliran 12	Aliran 13	Aliran 14	Aliran 15	Aliran 16	Aliran 17	Aliran 18	
C ₂ H ₄ O ₂	1206,3002	1206,3002			2,4126														
C ₈ H ₆ O ₄	2,4199	2,4199			2,4199														
C ₂ H ₅ O			2121,2222	4,2424					4,2424			4,2424		4,2424		4,2340	0,0212	4,2128	
H ₂ O	1,2099	1,2099		10,6594	158,2948	4,0195	424,9189	428,9384	588,0090	1321,8503	26,6398	1883,2195	1883,1220	6,4464		6,4335	0,0322	6,4014	
C ₁₀ H ₁₆ O ₄ /Ti			4,1575		4,1575				0,0848			0,0848		0,0848					
C ₂ H ₅ O ₂			0,0848		0,0848				3174,4420			3174,4420		3168,0931		3161,7569	15,8088	3145,9481	
NaOH						1,7226			1,7226										
C ₁₀ H ₁₆ O ₄ /Ti/Na									4,4260			4,4260		4,4260					
C ₂ H ₅ O ₂ /Na									2,7401			2,7401		2,7401					
C ₂ H ₅ O ₂ /Na									2,7707			2,7707		2,7707					
Karbon Aktif															1,5894	7,9470	7,9470		
Total	1209,9300	1209,9300	4,2424	2131,8817	3346,0540	5,7421	424,9189	430,6610	3776,7151	1321,8503	36,5765	5061,9888	1883,2068	3178,7820	1,5894	3180,3714	23,8091	3156,5623	

Gambar 1. Process Flow Diagram Prarancangan Pabrik *Diethyl Phthalate* Dari *Phthalic Anhydride* Dan *2-Ethyl Hexanol* Dengan Katalis *Tetrabutyl Titanate* Melalui Proses Esterifikasi Kapasitas 25.000 Ton/Tahun

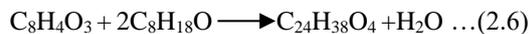
Proses produksi *dioctyl phthalate* dari *2-ethyl hexanol* dan *phthalic anhydride* dengan katalis *tetrabutyl titanate*. Proses pengolahan sampai produk akhir melewati beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap Penyiapan Bahan Baku

Phthalic anhydride dari gudang penyimpanan (F-130) dimasukkan ke dalam *melter* (X-135) untuk dilelehkan pada suhu 165°C dan tekanan 1 atm. *2-Ethyl hexanol* dari tangki penyimpan (F-140) dipanaskan menggunakan *heater* (E-142) pada suhu 165°C dan tekanan 1 atm. Katalis *tetrabutyl titanate* dari tangki penyimpanan (F-150) dipanaskan menggunakan *heater* (E-152) pada suhu 165°C dan tekanan 1 atm. Semua bahan baku dimasukkan ke dalam reaktor alir tangki berpengaduk dengan jaket pendingin (R-210). Sedangkan natrium hidroksida 98% dari tangki penyimpanan (F-120) dialirkan ke dalam *mixer* (M-122) dan dilakukan penambahan air hingga konsentrasi 0,4%. Sebelum di alirkan ke dalam *neutralizer* (M-220), natrium hidroksida 0,4% dipanaskan menggunakan *heater* (E-124) hingga suhu 95°C dan tekanan 1 atm.

2. Tahap Reaksi Pembentukan

Tahap reaksi pembentukan produk terjadi di dalam reaktor alir tangki berpengaduk dengan jaket pendingin (R-210). Reaksi berlangsung pada suhu 165°C dan tekanan 1 atm dengan waktu reaksi 15 menit serta perbandingan mol *phthalic anhydride* : *2-ethyl hexanol* yaitu 1:2. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Katalis *tetrabutyl titanate* ditambahkan 0,0015-0,005% dari total bahan. Setelah proses esterifikasi produk *dioctyl phthalate* terbentuk, kemudian didinginkan menggunakan *cooler* (E-212) pada suhu 95°C dan tekanan 1 atm sebelum diumpankan menuju *neutralizer* (M-220) untuk menetralkan katalis *tetrabutyl titanate* menggunakan natrium hidroksida 0,4%. Penentralkan terjadi didalam *neutralizer* (M-220) pada suhu 95°C dan tekanan 1 atm hingga katalis *tetrabutyl titanate* habis bereaksi dengan natrium hidroksida 0,4%.

3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan produk *dioctyl phthalate* dari katalis *tetrabutyl titanate*, hasil samping reaksi esterifikasi yaitu air dan sisa-sisa reaktan. Aliran keluaran *neutralizer* (M-220) diumpankan menuju *rotary drum vacuum filter* (H-310) untuk memisahkan katalis *tetrabutyl titanate* yang bereaksi dengan natrium hidroksida 0,4% membentuk *slurry*. Proses pemisahan dalam *rotary drum vacuum filter* (H-310) dilakukan pada suhu 95°C dan tekanan 0,1

atm (3 inHg). Keluaran dari *rotary drum vacuum filter* (H-310) berupa filtrat dialirkan menuju evaporator (V-320) sedangkan aliran berupa *slurry* dialirkan menuju unit pengolahan lanjut. Didalam evaporator (V-320) terjadi pemisahan antara produk *dioctyl phthalate* dengan air dan isopropanol. Keluaran atas berupa air dan isopropanol dilepas ke udara pada suhu 100,0154°C dan tekanan 1 atm, sedangkan keluaran bawah berupa produk *dioctyl phthalate* pada suhu 102,1353°C dan tekanan 1 atm dialirkan menuju *cooler* (E-322) untuk didinginkan menjadi suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Didalam tangki dekolonisasi (M-330) terjadi proses adsorpsi dengan ditambahkan karbon aktif sebanyak 0,05% (Ning et al., 2013) dari total bahan masuk untuk memurnikan warna dari *dioctyl phthalate* menjadi 10 hazen (WIPO, 2014). Proses didalam tangki dekolonisasi (M-330) terjadi pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Setelah itu dialirkan menuju *filter press* (H-340) untuk dipisahkan antara produk *dioctyl phthalate* dengan karbon aktif. Proses pemisahan di *filter press* terjadi pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, setelah proses pemisahan produk *dioctyl phthalate* dialirkan menuju tangki penyimpanan (F-410) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

3. Utilitas

Kebutuhan air untuk pabrik *Dioctyl Phthalate* diperoleh dari Sungai Bengawan Solo yang terletak di kawasan pabrik dengan debit air adalah sebesar 2.160.000 m³/jam. Kebutuhan listrik disuplai dari PLN setempat dan generator sebagai suplai listrik cadangan. Berikut adalah kebutuhan total unit utilitas yang dibutuhkan pada produksi pabrik *Dioctyl Phthalate* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Kebutuhan Utilitas Pabrik *Dioctyl Phthalate*

Kebutuhan	Jumlah
Steam	978,3324 kg/jam
Air	26.673,5072 kg/jam
Listrik	374,8380 kW
Bahan Bakar	75,3025 liter/jam

4. Analisis Ekonomi

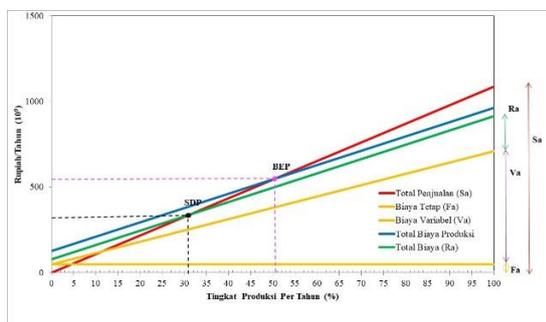
Analisis Ekonomi bertujuan untuk menganalisis apakah pabrik *Dioctyl Phthalate* layak atau tidak untuk dirancang dengan cara memperhitungkan besar kecil keuntungan yang diperoleh. Berikut merupakan **Tabel 5** hasil analisis ekonomi pabrik *Dioctyl Phthalate*.

Tabel 5. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	17%	Min. 11%	Layak
POT	3,65 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	50,70%	40-60%	Layak
SDP	30,98%	20-40%	Layak



Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time* (POT) adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. *Break Even Point* (BEP) adalah suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung atau tidak rugi. *Shut Down Point* (SDP) adalah kondisi atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expans* (Fa) dibandingkan harus produksi. Berikut adalah grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik *Diocetyl Phthalate* dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP

5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik *Diocetyl Phthalate* dari *Phthalic Anhydride* dan *2-Ethyl Hexanol* dengan Katalis *Tetrabutyl Titanate* Melalui Proses Esterifikasi akan berdiri di Jl. Tuban Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur yang berada di Kawasan Industri Gresik, pada tahun 2024 dengan kapasitas 25.000 ton/tahun. Perusahaan direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi yaitu garis dan staf dengan tenaga kerja sebanyak 132 orang. Analisa ekonomi

yang diperoleh antara lain nilai ROI sebesar 17%, POT sebesar 3,65 tahun, BEP sebesar 50,70% dan SDP sebesar 30,98%. Berdasarkan pertimbangan tersebut pabrik *Diocetyl Phthalate* ditanyakan layak untuk didirikan dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistika Indonesia. 2019. *Data Ekspor-Impor*. <http://www.bps.go.id> Diakses pada tanggal 10 Januari 2019.
- Bhutada, S. R. and V. G. Pangarkar. 1986. *Esterification of Phthalic Anhydride with 2-Ethylhexanol*. *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 36: 61-66.
- Kirk and Othmer. 1981. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Willey and Sons Inc. New York.
- Satpute, Satchidanand R., Yogesh H Shinde and Prakash V Chavan. 2013. *Esterification of Phthalic Anhydride with 2-Ethylhexanol*. *International Journal of Research in Advent Technology*. India.
- SNI 06-0137. 1987. *Dioktilfhtalat (DOP)*.
- Uhm, Sung J., Lee, Tae J., Choi, Eun S., Yu and Dong W. 1987. *Process for Producing Phthalic Acid Esters*. US Patent 4675434.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Willey and Sons.
- WIPO. 2014. *DOTP (Di-octyl Terephthalate) Production Method*. WO 2014/185872 A1.
- Yanhua, Liu., Liu Jianjun., Sun Changchun., Feng Cui., Zhang Jianping Li and Feng Chun. 2009. *Method for Improving Esterification Step of Plasticizer Plant with Annual Production Capacity of 200.000 Tons*. CN Patent 101591242A.
- Yinping, Chin. 2014. *Preparation Method of Diocetyl Phthalate (DOP)*. CN Patent 104072372A.

