

PRARANCANGAN PABRIK DIBUTYL PHTHALATE DARI PHTHALIC ANHYDRIDE DAN N-BUTANOL MELALUI PROSES ESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 7500 TON/TAHUN

Annisa Putri Kinasih^{1,*}, Intan Gemilang Dewi Fortuna¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Jl. A. Yani Km 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

*E-mail: annisapkinasih29@gmail.com

Abstrak

Peluang pendirian pabrik dibutyl phthalate di Indonesia dinilai cukup memiliki potensi, sehingga diperlukan rencana pendirian pabrik kimia dengan produk dibutyl phthalate. Pabrik ini direncanakan dibangun pada tahun 2026 dengan kapasitas produksi 7.500 ton/tahun di daerah Gresik, Jawa Timur. Luas tanah yang diperlukan sebesar $\pm 17.375 \text{ m}^2$. Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun. Jumlah pekerja yang dibutuhkan sebanyak 125 orang.

Dibutyl phthalate dibuat melalui proses esterifikasi antara phthalic anhydride dan n-butanol di dalam reaktor batch dengan katalis asam metanasulfonat. Reaktor bekerja pada keadaan reversible, endotermis pada suhu 110°C dan tekanan 1 atm. Reaksi pertama mereaksikan phthalic anhydride dengan n-butanol menghasilkan monobutyl phthalate sebagai produk antara dan air sebagai produk samping. Kemudian produk antara akan bereaksi di reaksi kedua dengan n-butanol menghasilkan dibutyl phthalate sebagai produk utama dengan konversi 98%. Hasil produk keluaran reaktor dialirkan menuju dekanter untuk memisahkan komponen berdasarkan densitasnya. Produk bawah dari dekanter berupa n-butanol, monobutyl phthalate, dan dibutyl phthalate akan dipompa menuju menara distilasi untuk memurnikan produk utama berupa dibutyl phthalate 98,4%. Kemudian produk dialirkan ke tangki penyimpanan produk.

Kebutuhan air untuk menunjang kegiatan operasional pabrik disupply dari Sungai Bengawan Solo yang melintasi Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Hasil perhitungan evaluasi ekonomi pabrik didapatkan total modal investasi sebesar Rp.454.704.576.964,54 dan diperoleh hasil penjualan sebesar Rp.761.308.839.864,29. Selain itu dilakukan analisa POS, ROI, POT, NPV, dan IRR. Setelah dilakukan analisa didapatkan nilai BEP sebesar 52% dan SDP sebesar 23,97%. Berdasarkan hasil yang didapatkan dari analisa tersebut, maka pabrik dibutyl phthalate dengan kapasitas 7500 ton/tahun ini layak untuk dikaji ulang dan dipertimbangkan pendiriannya.

Kata kunci: *dibutyl phthalate, phthalic anhydride, n-butanol, esterifikasi, asam metanasulfonat.*

1. Pendahuluan

Pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah membawa Indonesia menuju era industrialisasi yang lebih maju. Salah satu diantaranya adalah pengembangan pada bagian industri kimia. Namun, Indonesia sendiri sebagian besar mengimpor produk-produk industri kimia dari luar negeri. Upaya yang dapat dilakukan adalah mendirikan pabrik yang menghasilkan produk-produk kimia.

Dibutyl phthalate (DBP) adalah senyawa intermediate yang biasa digunakan sebagai resin. Industri polimer biasa menggunakan dibutyl phthalate sebagai *plasticizer* yang berfungsi pelunak dalam plastik agar lebih elastis dan tidak mudah retak. Dibutyl phthalate sendiri berfungsi membentuk sifat *workability*, *low heat-resistance* dan *oil resistance* pada plastik.

Pengadaan *dibutyl phthalate* di Indonesia masih tergantung pada impor, dan diperkirakan kebutuhannya akan meningkat setiap tahunnya. Pendirian pabrik *dibutyl phthalate* sebagai

plasticizer diharapkan mampu mengurangi angka ketergantungan terhadap produk impor serta dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Tabel 1 Nilai Impor *Dibutyl Pthalate* di Indonesia (BPS, 2022)

Tahun	Impor (Ton)	Pertumbuhan (%)
2015	415,306	-35,105
2016	493,085	18,789
2017	238,803	-51,569
2018	234,353	-1,863
2019	632,248	169,784
Jumlah	2.013,795	135,08
Rata-Rata		0,337

Berdasarkan data tersebut, dapat diperkirakan nilai konsumsi *dibutyl phthalate* pada 2026 menggunakan metode *discounted* sebagai berikut (Ulrich, 1984):



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

Keterangan:

F = Nilai kebutuhan yang harus dipenuhi pada tahun berdiri pabrik

P = Banyaknya data tahun perhitungan (sekarang) (Ton/Tahun)

i = Rata-rata pertumbuhan

n = Selisih antara tahun berdiri pabrik tahun sekarang

Sehingga perkiraan nilai kebutuhan *dibutyl phthalate* pada tahun 2026 (m_5) adalah :

$$\begin{aligned} m_5 &= P(1+i)^n \\ m_5 &= 632,248(1+0,337)^7 \\ m_5 &= 4.4846,14 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Kapasitas produksi *dibutyl phthalate* pada tahun 2026 (m_3) dapat ditentukan melalui persamaan (Peters dan Timmerhaus, 1991):

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \dots(2)$$

Keterangan:

m_1 = Nilai kebutuhan impor 2026 (Ton/Tahun), diambil 20% dari perkiraan konsumsi pada tahun berdiri pabrik

m_2 = Penjualan produk dalam negeri (ton/tahun)

m_3 = Kapasitas prarancangan pabrik (ton/tahun)

m_4 = Nilai kebutuhan ekspor tahun pendirian pabrik (ton/tahun)

m_5 = Nilai kebutuhan tahun pendirian pabrik (ton/tahun)

Sehingga :

$$\begin{aligned} m_3 &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\ m_3 &= (0 + 4.4846,14) - (969,22 + 0) \\ m_3 &= 3.876,91 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

Kebutuhan *dibutyl phthalate* di wilayah Asia Tenggara juga dipertimbangkan dengan mengambil 23% dari rata-rata kebutuhan pada tahun 2026 (15.000 Ton/Tahun) yang berjumlah 3.450 Ton/Tahun. Oleh karena itu, total kapasitas pendirian pabrik *dibutyl phthalate* pada tahun 2026 berdasarkan informasi di atas menjadi 7.500 Ton/tahun.

Tabel 2. Kebutuhan Dibutyl Phthalate di Negara-Negara Asia Tenggara 2026

No.	Negara	Perkiraan Kebutuhan DBP 2026
1	Malaysia	1.857,30
2	Singapura	25.615,06
3	Filipina	3.560,52
4	Vietnam	27.721,60
Total		58.754,48
Rata -Rata		15.000

2. Uraian Proses

2.1 Perbandingan Proses

Pembuatan *dibutyl phthalate* hingga saat ini hanya dilakukan melalui proses esterifikasi. Reaksi tersebut terjadi antara *phthalic anhydride* dan n-butanol. Reaksi tersebut berjalan lambat sehingga diperlukan katalis untuk mempercepat proses reaksi tersebut. Menurut beberapa literatur terdapat beberapa katalis yang digunakan pada proses produksi *dibutyl phthalate*, diantaranya asam sulfat dan asam metanasulfonat.

Tabel 3. Parameter Perbandingan Pemilihan Proses Produksi *Dibutyl Phthalate*

Parameter	Katalis	
	Asam Sulfat (Berman dkk., 1948)	Asam Metanasulfonat (Skrzypek dkk., 2010)
Suhu Reaksi (°C)	140	110
Tekanan Operasi (atm)	1	1
Waktu Operasi	1-3 jam	4 jam
Fase Katalis	Cair	Cair
Konversi (%)	85	98
Reaktor	CSTR	Batch

Dasar pemilihan proses ditinjau dari beberapa hal di atas maka dipilih proses produksi *dibutyl phthalate* melalui proses esterifikasi dengan katalis asam metanasulfonat. Saat proses pemisahan katalis, pada katalis asam sulfat memerlukan penambahan bahan kimia berupa basa (NaOH) untuk menetralkan asam sulfat menjadi garam. Penambahan NaOH akan menambah biaya produksi dan garam yang dihasilkan juga akan menambah kuantitas limbah pengotor yang dibuang ke WTP. Sedangkan penggunaan katalis asam metanasulfonat hanya memerlukan air untuk proses pemisahannya. Selain itu, penggunaan katalis asam metanasulfonat dapat mencapai konversi 98%.

2.2 Proses Produksi Dibutyl Phthalate

2.2.1 Tahap Awal Persiapan

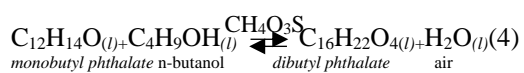
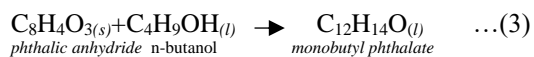
Phthalic anhydride yang berfase padat disimpan dalam gudang penyimpanan (F-110) bersuhu 30°C dan tekanan 1 atm. n-butanol dan asam metanasulfonat yang memiliki fase cair akan disimpan pada tangki penyimpanan (F-120) bertekanan 1 atm dan suhu 30 °C. Bahan baku n-butanol dan katalis asam metanasulfonat sebelum



direaksikan, dipanaskan terlebih dahulu untuk mencapai suhu reaksi yg diinginkan melalui *heater* n-butanol (E-122) dan *heater* asam metanasulfonat (E-132). *Phthalic anhydride* dan n-butanol selanjutnya diumpankan ke reaktor (R-210) bersama asam metanasulfonat, dan selanjutnya direaksikan di dalam reaktor berpengaduk. *Phthalic anhydride* memiliki kelarutan yang tinggi terhadap alkohol, oleh karena itu baik *phthalic anhydride* maupun butanol dapat langsung diumpankan menuju reaktor.

2.2.2 Tahap Reaksi

Bahan baku direaksikan dalam sebuah reaktor tangki berpengaduk (R-210) dan ditambahkan katalis asam metanasulfonat menghasilkan *dibutyl phthalate*, *monobutyl phthalate*, air, asam metanasulfonat, dan n-butanol. Reaksi yang terjadi adalah:



Reaktor beroperasi secara isothermal pada suhu 110°C selama 4 jam. Reaksi pembentukan *dibutyl phthalate* merupakan reaksi endotermis sehingga reaktor harus dilengkapi dengan alat penukar panas berupa *heater* untuk mempertahankan suhu operasi reaktor. Perbandingan *phthalic anhydride* dan n-butanol yang digunakan adalah 1 : 2,5. Sedangkan konsentrasi katalis yang digunakan adalah 1,5% dari total massa umpan masuk. Pada reaksi pertama antara *phthalic anhydride* dan n-butanol menghasilkan *monobutyl phthalate*. Menurut Skrzypek., dkk (2010) reaksi ini berjalan sangat cepat sehingga konversi reaksi ini dianggap 100%. Sedangkan untuk reaksi kedua antara *monobutyl phthalate* dan n-butanol dengan bantuan katalis asam metanasulfonat menghasilkan *dibutyl phthalate* dan sedikit air dengan konversi reaksi 98%. Hasil keluaran reaktor adalah campuran *dibutyl phthalate*, *monobutyl phthalate*, asam metanasulfonat, n-butanol dan air.

2.2.3 Pemurnian Produk

Pada tahap ini produk akan dipisahkan dari air dan sisa-sisa reaktan hingga didapatkan produk dengan kemurnian yang diinginkan. Produk reaktor berupa campuran *dibutyl phthalate*, *monobutyl phthalate*, asam metanasulfonat, n-butanol dan air dialirkan

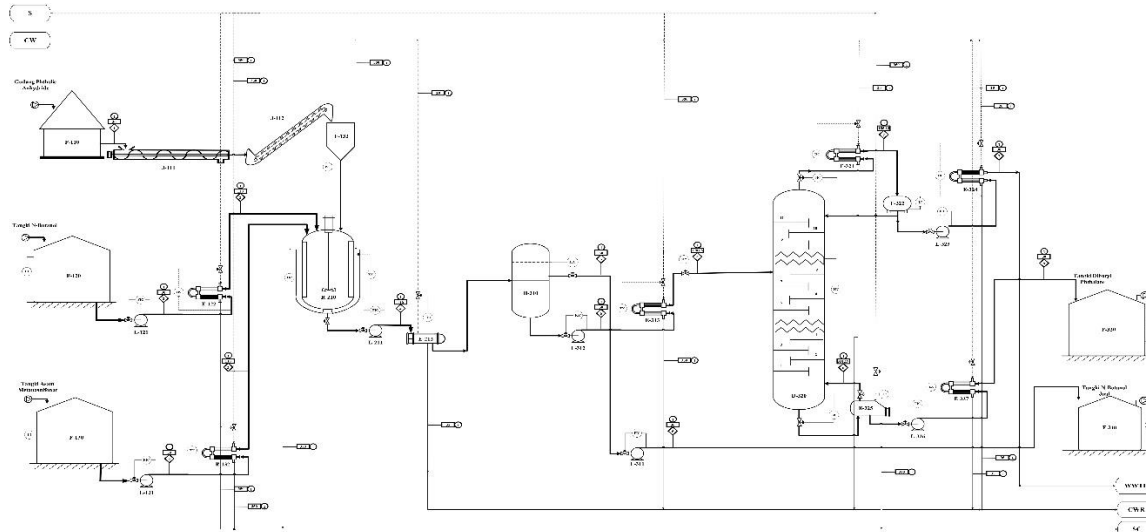
menuju dekanter (H-310) untuk memisahkan produk DBP dari n-butanol, katalis, air dan MBP berdasarkan berat jenis dan kelarutannya. Sebelum dialirkan ke dekanter keluaran reaktor didinginkan hingga suhu 30 °C melalui *cooler* (E-212). Di dalam dekanter produk reaktor dipisahkan menjadi *light phase* dan *heavy phase*. *Light phase* yang berupa campuran n-butanol, katalis dan air ini dialirkan menuju tangki penyimpanan sedangkan *heavy phase* yang berupa *dibutyl phthalate*, *monobutyl phthalate* dan n-butanol dipompa menuju menara distilasi untuk mmemurnikan produk *dibutyl phthalate* dari sisa reaktan. *Light key component* menara distilasi (D-320) yang berupa n-butanol dan air dialirkan menuju WTP. Sedangkan *heavy key component* menara distilasi berupa *dibutyl phthalate* disimpan ke dalam tangki penyimpanan produk (F-340).

3. Utilitas

Air merupakan suatu peranan yang sangat penting untuk menunjang kegiatan operasional pabrik baik untuk kebutuhan produksi maupun kebutuhan domestik. Air yang dibutuhkan *disupply* dari Sungai Bengawan Solo yang mengalir melintasi Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Adapun utilitas terdiri atas beberapa unit diantaranya pengolahan air, penyedia *steam*, pembangkit listrik, penyedia bahan bakar dan pengolahan limbah. Total kebutuhan air yang memerlukan pengolahan sebesar 22.472,6271 kg/jam. Kebutuhan listrik yang dibutuhkan sebesar 969,7344 kW yang *disupply* dari PT. PLN PJB UP Gresik yang memiliki daya sebesar 600 MW.



**DIAGRAM ALIR PROSES
PRARANCANGAN PABRIK DIBUTYL PHTHALATE DARI PHTHALIC ANHYDRIDE DAN
N-BUTANOL MELALUI PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 7.500 TON/TAHUN**



No	Komposisi	Neraca Massa (Kg/Jam)							
		Arus							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Phthalic Anhydride	506.2481	-	-	-	-	-	-	-
2	N-Butanol	-	633.3228	-	131.7311	101.3481	30.3831	30.3831	0.0122
3	Asam Metanasulfonat	-	-	17.1412	17.1412	17.1412	-	-	-
4	Monobutyl Phthalate	-	-	-	15.1915	-	15.1915	0.1519	15.0396
5	Dibutyl Phthalate	-	-	-	932.2908	-	932.2908	0.3729	931.9179
6	Air	2.5440	0.6340	0.1731	63.7085	63.7085	-	-	-
	Total	508.7921	633.9568	17.3144	1160.0632	182.1978	977.8655	30.8957	946.9697

NO	MODEL	NAMA ALAT	JUMLAH
27	E-340	HANGKIN-BUTANOL/AL	1
28	E-330	HANGKIN-DIBUTYL PHTHALAT	1
24	E-327	HANGKIN-DIBUTYL PHTHALAT	2
21	E-326	POMPA BUBUK/AL	1
33	E-325	RESEPTOR	1
22	E-324	COOLER ACCUMULATOR	1
20	E-270	POMPA ACCUMULATOR	1
20	E-189	ACCUMULATOR	1
19	E-181	KOHERNSOR	1
18	D-523	MENGAHUNTE/AS	1
17	E-211	REAKTOR/AS/ESTILASI	1
10	E-313	POMPA/DUKANTER/BAWAH	1
15	E-311	POMPA/DUKANTER/ATAS	1
18	H-102	REKONSIDER	1
13	E-213	COOLER REAKTOR	1
12	E-211	POMPA REAKTOR	1
10	E-210	REAKTOR BATCH	2
10	E-153	HEATREKONSIDER/AS/ASULFONAT	1
9	E-131	POMPA/ASAM/REKONSIDER/AS/ASULFONAT	1
8	E-130	HANGKIN/ASAM/REKONSIDER/AS/ASULFONAT	1
7	E-121	REKONSIDER/AS/ASULFONAT	1
6	E-121	POMPA N-BUTANOL	1
5	E-120	HANGKIN-BUTANOL	1
4	E-119	REKONSIDER/ANHYDRIDE	1
3	E-112	REKONSIDER/ANHYDRIDE	1
2	E-111	REKONSIDER/ANHYDRIDE	1
		JUMLAH	

Dibimbing Oleh : ANITA BUDI PERKAWATI (01001401010) INFANIS GEMILANG DEWI PERLENA (01001421000)	
Dosen Pembimbing : PRINATA MARDIANA, S.T., M.Eng., Ph.D. NIP. 1910192429000421002	
PRARANCANGAN PABRIK DIBUTYL PHTHALATE DARI PHTHALIC ANHYDRIDE DAN N-BUTANOL MELALUI PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 7.500 TON/TAHUN	
	PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANARUA

Gambar 1 Process Engineering Flow Diagram Prarancangan Pabrik Dibutyl Phthalate

4. Evaluasi Ekonomi

Untuk dapat mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan memiliki keuntungan besar atau tidak, maka dilakukan analisis kelayakan ekonomi. Analisis atau evaluasi ekonomi ini dilakukan agar dapat diketahui apakah pabrik memiliki potensi untuk dapat didirikan atau tidak. Adapun evaluasi ekonomi yang dilakukan diantaranya:

1. POS atau *Percent Profit on Sale* yaitu persen keuntungan dari produk yang dijual.
2. ROI atau *percent return on investment* adalah persen keuntungan dari investasi yang diinvestasikan.
3. POT atau *pay out time* adalah rentang waktu dimana modal dapat kembali.
4. NPV atau *net present value* adalah nilai kas pada tahun produksi dengan bunga 10%.
5. IRR atau *interest rate of return* adalah nilai bunga saat semua cukup menutupi seluruh modal
6. BEP atau *break even point* kapasitas dimana pabrik tidak untung ataupun tidak rugi (40-60% dari kapasitas).
7. SDP atau *shut down point* adalah nilai dimana aktivitas produksi berhenti karena mengalami kerugian besar. Hal ini menyebabkan pabrik pabrik harus ditutup (20-40% dari kapasitas).

Hasil evaluasi ekonomi prarancangan pabrik *dibutyl phthalate* dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut.

Tabel 4. Hasil Evaluasi Ekonomi Pabrik Dibutyl Phthalate

Evaluasi	Hasil	Range	Keterangan
ROI			
POT	21,71 %	11-44%	Layak
BEP	3,1 tahun	2-5 tahun	Layak
SDP	52%	40-60%	Layak
	23,97%	20-40%	Layak

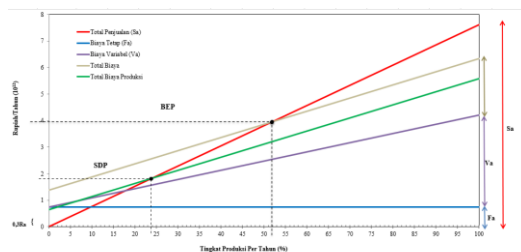
5. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil analisis dan perhitungan, prarancangan pabrik *dibutyl phthalate* melalui proses esterifikasi antara *phthalic anhydride* dan *n-butanol* dengan kapasitas 7.500 ton/tahun direncanakan untuk dibangun pada tahun 2026. Pabrik ini direncanakan akan dibangun di Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur dengan luas $\pm 17.375 \text{ m}^2$. Perusahaan yang didirikan berbentuk PT atau perseroan terbatas. Jumlah pekerja yang dibutuhkan sebanyak 125 orang. Perhitungan evaluasi ekonomi menunjukkan BEP dan SDP yang didapat berturut-turut sebesar 52% dan 23,97%. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik ini layak untuk dikaji ulang dan dapat dipertimbangkan pendiriannya.

Daftar Pustaka

- Berman, S., Melnychuk, A. A. dan Othmer, D. F. (1948): *Dibutyl Phthalate Reaction Rate of Catalytic Esterification* Polytechnic Institute of Brooklyn Brooklyn, New York
- BPS. (2022): *Ekspor Impor*.
- Chemeo. (2016a): *Chemical Properties of Dibutyl phthalate*.
- GreenFacts. (2005): *Di-Butyl Phthalate*
- Paldena, T., Onghena, B., Regadão, M. dan Binnemans, K. (2019): *Methanesulfonic Acid: A Sustainable Acidic Solvent For Recovering Metals From Jarosite Residue Of The Zinc Industry*. *Green Chemistry*.
- Skrzypek, J., Kulawska, M., Lachowska, M. dan Moroz, H. (2010): *Kinetics of Synthesis of Butyl Phthalates Over Methane Sulfonic Acid Catalyst*. *Reac Kinet Mech*.
- UNData. (2022): *UN Comtrade International Trade Statistic*

Gambar 2 menunjukkan Grafik evaluasi ekonomi prarancangan pabrik *dibutyl phthalate*.



Gambar 2. Grafik Break Event Point (BEP) dan Shut Down Point (SDP) Prarancangan Pabrik Dibutyl Phthalate

