

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara berkembang Indonesia dituntut untuk selalu memperbaiki sistem perekonomiannya. Salah satu upaya untuk meningkatkan sistem perekonomiannya tersebut adalah dengan memajukan sistem industrialisasi. Salah satu alternatif agar tercipta industri yang kompetitif adalah dengan dibukanya pasar bebas yang seluas-luasnya. Industri polimer merupakan salah satu industri kimia yang produknya selalu banyak dibutuhkan dari tahun ke tahun. Industri polimer menghasilkan berbagai jenis produk plastik, karet sintesis, serat sintesis dan sebagainya. Pada proses pembuatan polimer, selain memerlukan resin sebagai bahan baku utama, juga memerlukan *plasticizer* sebagai bahan tambahan, *plasticizer* merupakan bahan yang ditambahkan pada resin agar menjadi lunak dan gampang dibentuk. Dari berbagai jenis *plasticizer* yang digunakan, *dimethyl phthalate* merupakan salah satunya.

Dimethyl phthalate merupakan salah satu jenis dari *plasticizer* yang banyak digunakan dalam pembuatan *nitrocellulose* dan *cellulose acetate rubber*. *Dimethyl phthalate* yang digunakan di Indonesia sebagai bahan tambahan untuk membuat produk plastik masih diimpor dari luar negeri. Nilai impor *dimethyl phthalate* cenderung mengalami kenaikan dalam beberapa tahun terakhir. *Dimethyl phthalate* selain sebagai *plasticizer* juga dimanfaatkan sebagai *insectrepellent*, yaitu suatu bahan tambahan dalam pembuatan bahan pembasmi serangga.

Dimethyl phthalate juga digunakan sebagai pendorong roket, *lacquers*, *plastic*, karet pelapis kaca, dll.

Dalam upaya pengembangan industri polimer sekaligus mengurangi ketergantungan bangsa Indonesia terhadap impor bahan *plasticizer* maka pabrik *Dimethyl Phthalate* perlu didirikan di Indonesia. Usaha ini didukung dengan tersedianya sumber bahan baku, seperti *phthalic anhidride*, *methanol*, dan asam sulfat, maupun sumber daya manusia, yang pada gilirannya membuka peluang baru dalam lapangan kerja.

Selain pertimbangan di atas, pendirian pabrik *dimethyl phthalate* di Indonesia didasarkan oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Menciptakan lapangan pekerjaan sehingga dapat mengurangi jumlah angka pengangguran dalam negeri
2. Memacu industri-industri baru untuk menggunakan *dimethyl phthalate* sebagai bahan bakunya
3. Mengurangi ketergantungan terhadap negara asing
4. Meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri, serta dapat menghemat devisa negara
5. Meningkatkan mutu sumber daya manusia Indonesia lewat alih teknologi

1.2 Kapasitas Perancangan

Perhitungan ekonomis maupun teknis dalam suatu perancangan pabrik dipengaruhi oleh kapasitas produksi pabrik. Dalam menentukan kapasitas rancangan pabrik *dimethyl phthalate* ini perlu mempertimbangkan beberapa hal, diantaranya proyeksi konsumsi *dimethyl phthalate*, kapasitas produksi *dimethyl phthalate* komersial yang sudah ada dan kapasitas minimal atau maksimal yang terpasang.

1.2.1 Kebutuhan *Dimethyl Phthalate* di Indonesia

Daftar kebutuhan *dimethyl phthalate* adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Data impor *dimethyl phthalate* di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2009	5.008.187
2010	6.157.355
2011	6.310.357
2012	6.944.334
2013	8.206.201
2014	9.279.681
2015	7.464.131
2016	6.496.715
2017	9.223.972
2018	1.0018.226

(Sumber : Badan Pusat Statistik)

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 1.1 data impor Indonesia terhadap *dimethyl phthalate* mengalami naik turun. Namun pasar kebutuhan *dimethyl phthalate* di Indonesia akan mengalami peningkatan pada tahun-tahun berikutnya.

1.2.2 Kapasitas Produksi *Dimethyl Phthalate* yang Sudah Berdiri

Meningkatnya kebutuhan akan impor di Indonesia saat ini, maka pendirian pabrik *dimethyl phthalate* perlu dilakukan guna untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Analisis *Supply-Demand* perlu dilakukan dalam penentuan kapasitas pabrik. Data real yang didapatkan hanya ada data impor seperti yang tertera pada Tabel 1.1.

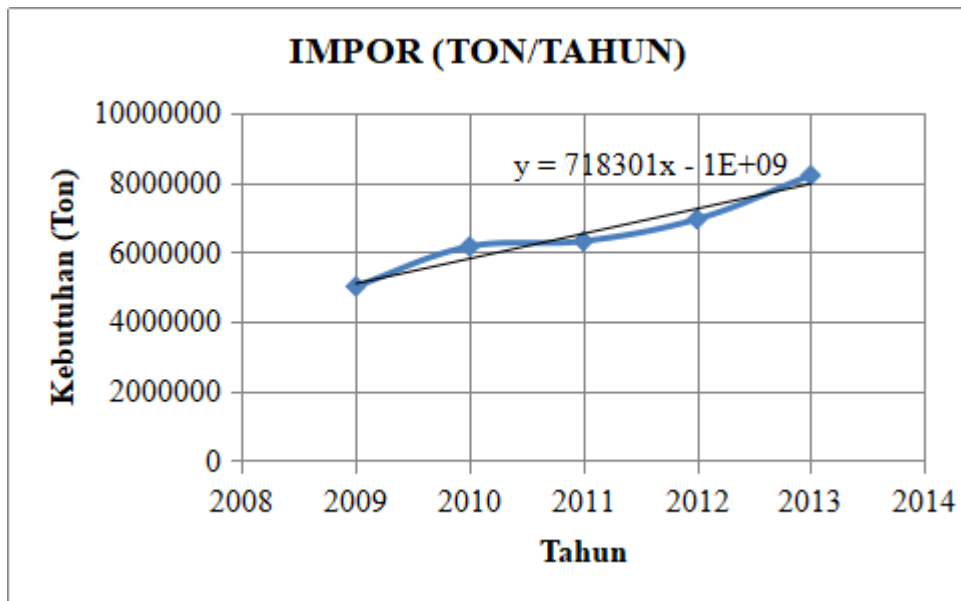
Penentuan kapasitas minimal berdasar pada kapasitas pabrik yang telah berproduksi dan layak untuk didirikan. Berikut ini adalah tabel industri *dimethyl phthalate* di berbagai negara dan kapasitas produksinya.

Tabel 1.2 Data produksi pabrik *dimethyl phthalate*

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
SISAS-CHEMICAL	Italia	50.000
EUROFTAL	Belgia	70.000
PANTOCHIM	Belgia	100.000

(www.conserspa.com)

Berdasarkan pada kebutuhan *dimethyl phthalate* di Indonesia Tabel 1.2 dan pabrik yang telah berdiri kebutuhan *dimethyl phthalate* pada tahun 2024 dapat diprediksi dengan membuat tabel regresi linear.



Gambar 1.1 Data impor *dimethyl phthalate* di Indonesia

Dari Gambar 1.1 dapat di peroleh persamaan regresi :

$$y = 718301x - 1.000.000.000$$

$$y = 718301(2024) - 1.000.000.000$$

$$y = 2453841224 \text{ kg/tahun} = 2453841,224 \text{ ton/tahun}$$

- **Supply (pasokan)**

Supply adalah jumlah antara produksi dalam negeri dan impor. Pada *dimethyl phthalate*, produk belum terdapat di dalam negeri atau hanya berasal dari luar negeri.

- **Demand (permintaan)**

Demand adalah jumlah antara konsumsi dalam negeri dan ekspor. Data konsumsi dalam negeri dan ekspor tidak ditemukan. Belum ada pabrik

dimethyl phthalate di Indonesia, maka dapat disimpulkan bahwa impor untuk kebutuhan dalam negeri yaitu konsumsi = impor.

- **Peluang**

Peluang adalah selisih dari *demand* dan *supply*. Belum terdapat pabrik *dimethyl phthalate* di Indonesia. Berdasarkan dari uraian impor hanya konsumsi dalam negeri. Peluang mendirikan pabrik untuk substitusi 50 persen (%) diambil impor dari kapasitas ekonomi.

$$(\%) \times \text{Peluang} = \text{Kapasitas Ekonomi}$$

$$(50\%) \times 70000 = 35000$$

Pabrik *dimethyl phthalate* sampai saat ini belum ada di Indonesia, sehingga kebutuhan *dimethyl phthalate* masih mengimpor dari negara lain. Dengan mempertimbangkan pabrik yang telah ada maka dipilih kapasitas pabrik 35.000 ton/tahun agar dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri dan memenuhi pasar luar negeri.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Persediaan bahan baku utama pembuatan *dimethyl phthalate* yaitu *phthalic anhydride* diperoleh dari pabrik *phthalic anhydride* yang ada di Indonesia yaitu PT. Petrowidada, Gresik, Jawa Timur yang memiliki kapasitas 70.000 ton/tahun. Sedangkan persediaan *methanol* dipasok dari PT. Kaltim Methanol Industri, Bontang dengan kapasitas total 660.000 ton/tahun. Untuk pemasaran luar negeri dengan kapasitas 480.000 ton/tahun dan untuk pemasaran dalam

negeri dengan kapasitas 180.000 ton/tahun. Dan untuk persediaan katalis asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas 700.000 ton/tahun.

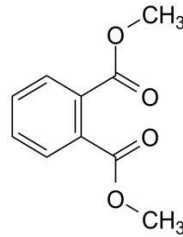
Berdasarkan faktor-faktor diatas, maka akan direncanakan pendirian pabrik *dimethyl phthalate* dengan kapasitas 35.000 ton/tahun. Dengan perhitungan, untuk memproduksi *dimethyl phthalate* dengan kapasitas 35.000 ton/tahun diperlukan bahan baku *phthalic anhydride* kurang lebih sebanyak 27.000 ton/tahun, metanol sebanyak 12.000 ton/tahun, dan asam sulfat 0,03 ton/tahun. Sehingga dengan kapasitas rancangan 35.000 ton/tahun diperkirakan bahan baku dalam negeri memenuhi. Selain itu, pemilihan kapasitas tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *dimethyl phthalate* dalam negeri dan menjadi komoditas ekspor bagi Indonesia.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Macam-macam proses pembuatan *dimethyl phthalate*

Alkyl phthalate didapatkan dengan cara mengesterifikasikan *phthalic anhydride* dengan alkohol dengan adanya katalis asam sulfat berdasarkan penjelasan Faith dan Keyes (1957). Secara umum *dimethyl phthalate* diproduksi dengan proses yang hampir sama dengan proses pembuatan *dibutyl phthalate*, yaitu dengan mereaksikan *phthalic anhydride* dengan 2 molekul *methanol* dengan katalis asam sulfat.

Dimethyl phthalate merupakan senyawa organik (ester) yang berwujud cair (cairan berminyak), tidak berbau, tidak berwarna, sedikit sekali larut dalam air dingin, mudah larut dalam alkohol dan benzene serta keton dan minyak.

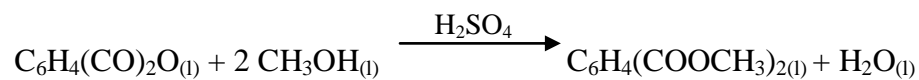


Gambar 1.2 Rumus bangun *dimethyl phthalate*

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ronald dan William (1952) tertuang dalam U.S. Patent No. 2618651, berikut tinjauan berbagai proses pembuatan *dimethyl phthalate* dengan proses esterifikasi menggunakan beberapa katalis:

1). *Dimethyl phthalate* dari *phthalic anhydride* dan *methanol* dengan katalis asam sulfat

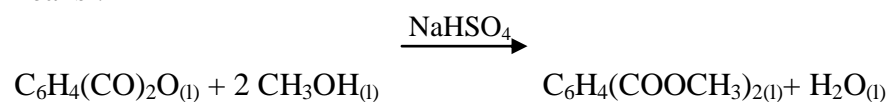
Reaksi:



Proses pembuatan *dimethyl phthalate* dilakukan dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). *Phthalic anhydride* direaksikan dengan *methanol* dengan perbandingan molekul 1:2 serta menggunakan katalis asam sulfat sebanyak 2% dari kebutuhan *phthalic anhydride*. Reaksi berlangsung pada suhu 130°C, tekanan 3 atmosfer, dan konversi yang dihasilkan 90-95%.

2). *Dimethyl phthalate* dari *phthalic anhydride* dan *methanol* dengan katalis dengan katalis *sodium bisulphate*

Reaksi:



Proses pembuatan *dimethyl phthalate* dilakukan dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Pembuatan *dimethyl phthalate* dilakukan dengan menggunakan katalis *sodium bisulfat*. Reaksi berlangsung pada suhu 130°C, tekanan 3 atmosfer, dan konversi yang dihasilkan 90-95%.

1.3.2 Pemilihan Proses

- a. Berdasarkan Potensial Ekonomi

$$EP = (\text{Value of product}) - (\text{Raw material cost})$$

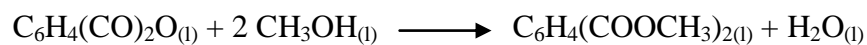
Tabel 1.3 Harga bahan baku dan produk

Material	BM (kg/kmol)	Harga (\$/kg)	BM x Harga (\$/kgmol)
C ₆ H ₄ (CO) ₂ O	148	0,5	74
CH ₃ OH	32	0,6	19,2
C ₆ H ₄ (COOCH ₃) ₂	194	1,25	242,5

(www.alibaba.com)

*harga H₂O diabaikan

Reaksi:



$$EP = \text{US \$ } [242,5 - (74 + (2 \times 19,2))]$$

$$= \text{US \$ } 130,1$$

- b. Berdasarkan Teknik

Proses pembuatan *dimethyl phthalate* hanya dibedakan dari katalis yang digunakan, sehingga pemilihan proses ditinjau dari katalis yang digunakan.

Tabel 1.4 Matriks pemilihan katalis

Pertimbangan	Asam sulfat	Sodium bisulfat
Harga (\$/kg)	0,6 **	2 *
Kemudahan	Dalam negeri **	Luar negeri *
Regenerasi	Mudah **	Sulit *
Total Bintang	6	3

Keterangan:

** = Baik

* = Kurang

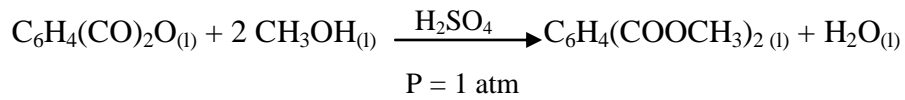
Dari Tabel 1.4 untuk memproduksi *dimethyl phthalate* pada kedua katalis ini mempunyai reaksi yang sama sehingga bahan baku yang diperlukan sama. Maka pemilihan proses berdasarkan dengan alasan sebagai berikut:

1. Harga katalis asam sulfat lebih murah dari katalis sodium bisulfat
2. Katalias asam sulfat lebih mudah didapatkan karena telah diproduksi di dalam negeri sehingga tidak memerlukan biaya yang besar untuk pengangkutan.
3. Regenerasi yang diperoleh lebih mudah menggunakan asam sulfat.
4. Potensial ekonomi diperoleh lebih tinggi dengan menggunakan katalis asam sulfat.

1.3.3 Tinjauan Termodinamika

Tujuan dari tinjauan termodinamika adalah untuk mengetahui reaksi dapat berjalan secara spontan atau tidak dan reaksi tersebut bersifat endotermis atau eksotermis dilihat dari perhitungan energi Gibbs dan panas reaksi.

Reaksi:



Dikutip dari Yaws (1999) data ΔG dan $\Delta H^{\circ}f$ pada 298 K dan Kapasitas Panas (Cp).

Tabel 1.5 Data ΔG dan $\Delta H^{\circ}f$ pada 298 K

Komponen	$\Delta H^{\circ}f_{298}$ (KJoule/mol)	ΔG°_{298} (KJoule/mol)
$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CO})_2\text{O}$	-393,13	-329
CH_3OH	-201,17	-162,51
H_2O	-241,8	-228,6
$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOCH}_3)_2$	-653	-526

Tabel 1.6 Data ΔG dan $\Delta H^{\circ}f$ pada 298 K

Senyawa	Cp (J/mol.K)
$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CO})_2\text{O}$	$-105,627 + 1,984 T - 3,8847 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,8513 \cdot 10^{-6} T^3$
	$-\alpha_1 + \beta_1 T - \gamma_1 T^2 + \theta_1 T^3$
CH_3OH	$40,152 + 3,1046 \cdot 10^{-1} T - 1,0291 \cdot 10^{-3} T^2 + 1,4598 \cdot 10^{-6} T^3$
	$\alpha_2 + \beta_2 T - \gamma_2 T^2 + \theta_2 T^3$
H_2O	$92,053 - 3,9953 \cdot 10^{-2} T - 2,1103 \cdot 10^{-4} T^2 + 5,3469 \cdot 10^{-7} T^3$
	$\alpha_3 - \beta_3 T - \gamma_3 T^2 + \theta_3 T^3$
$\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOCH}_3)_2$	$116,404 + 1,1694 T - 2,5655 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,4033 \cdot 10^{-6} T^3$
	$\alpha_4 + \beta_4 T - \gamma_4 T^2 + \theta_4 T^3$

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}R_{(T)} &= \sum \Delta H \\ &= \Delta H_1 + \Delta H_R^{\circ} + \Delta H_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta H_{R(298)} &= \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan} \\
&= (\Delta H_f^0 \text{ C}_6\text{H}_4(\text{COOCH}_3)_2 + \Delta H_f^0 \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^0 2.\text{CH}_3\text{OH} + \\
&\quad \Delta H_f^0 \text{ C}_6\text{H}_4(\text{CO})_2\text{O}) \\
&= ((-653) + (-241,8)) - (2(-201,17) + (-393,13)) \\
&= -99,33 \frac{\text{KJoule}}{\text{mol}} = -99330 \frac{\text{Joule}}{\text{mol}}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan $\Delta H^0_{R(298)} = -99330 \frac{\text{Joule}}{\text{mol}}$, jadi reaksinya merupakan reaksi eksotermis (menghasilkan panas).

$$\begin{aligned}
\Delta H_1 &= \int_T^{298} C_p \text{ C}_6\text{H}_4(\text{CO})_2\text{O} dT + 2 \cdot \int_T^{298} C_p \text{ CH}_3\text{OH} dT \\
&= \int_T^{298} (-\alpha_1 + \beta_1 T - \gamma_1 T^2 + \theta_1 T^3) dT + 2 \cdot \int_T^{298} (\alpha_2 + \beta_2 T - \gamma_2 T^2 + \\
&\quad \theta_2 T^3) dT
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta H_2 &= \int_{298}^T C_p \text{ C}_6\text{H}_4(\text{COOCH}_3)_2 dT + \int_{298}^T C_p \text{ H}_2\text{O} dT \\
&= \int_{298}^T (\alpha_4 + \beta_4 T - \gamma_4 T^2 + \theta_4 T^3) dT + \int_{298}^T (\alpha_3 - \beta_3 T - \gamma_3 T^2 + \theta_3 T^3) \\
&\quad dT
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta H^0_{R(T)} &= \Delta H_1 + \Delta H^0_{R298} + \Delta H_2 \\
&= \int_T^{298} (-\alpha_1 + \beta_1 T - \gamma_1 T^2 + \theta_1 T^3) dT + 2 \cdot \int_T^{298} (\alpha_2 + \beta_2 T - \gamma_2 T^2 + \\
&\quad \theta_2 T^3) dT + (-99330) + \int_{298}^T (\alpha_4 + \beta_4 T - \gamma_4 T^2 + \theta_4 T^3) dT + \\
&\quad \int_{298}^T (\alpha_3 - \beta_3 T - \gamma_3 T^2 + \theta_3 T^3) dT \frac{\text{Joule}}{\text{mol}}
\end{aligned}$$

Mencari energy bebas Gibbs ΔG^0_{298} :

$$\Delta G^0_{298} = \Delta G^0_{298 \text{ produk}} - \Delta G^0_{298 \text{ reaktan}}$$

$$\Delta G^0_{298} = (\Delta G^0 \text{ C}_6\text{H}_4(\text{COOCH}_3)_2 + \Delta G^0 \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G^0 \text{ C}_6\text{H}_4(\text{CO})_2\text{O} + 2 \times \Delta G^0 \text{ CH}_3\text{OH})$$

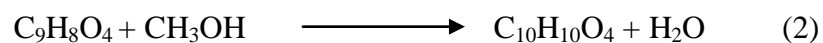
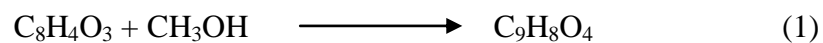
$$\Delta G^0_{298} = [((-526) + (-228,6)) - ((-329) + 2 \times (-162,51))] \frac{\text{KJoule}}{\text{mol}}$$

$$\Delta G^0_{298} = -100,58 \frac{\text{KJoule}}{\text{mol}} = -100580 \frac{\text{Joule}}{\text{mol}}$$

Dari perhitungan ΔG pada suhu standar dapat diketahui bahwa reaksi pembentukan *dimethyl phthalate* merupakan reaksi spontan.

1.3.4 Tinjauan Kinetika

Reaksi pembentukan *dimethyl phthalate*:



Reaksi (1) merupakan reaksi searah dan berlangsung cepat dan sempurna. Diketahui konstanta kesetimbangan reaksi (K) mempunyai nilai yang cukup besar, sehingga dianggap pembentukan DMP pada reaksi (2) merupakan reaksi *irreversible*, berlangsung lambat, eksotermis, dan memerlukan katalis (H_2SO_4).

Menurut hasil penelitian Othmer dan Groggins (1948), harga konstanta kecepatan reaksi (k) merupakan fungsi dari konsentrasi katalis asam sulfat, perbandingan mol MMP dengan *methanol* dan temperatur yang dituliskan:

$$k = 0,000021 - 0,0008896C + 0,001228BC \frac{10^{15,394909 - \frac{4515,8672}{T}}}{10^5 \cdot 0,012058}$$

dengan:

k = konstanta kecepatan reaksi, liter/kmol.jam

C = persentase berat asam sulfat terhadap umpan

B = mol alkohol

T = suhu, K