

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia adalah negara berkembang yang sedang melakukan pembangunan disegala bidang, salah satunya pada bidang industri termasuk juga industri kimia. Dengan kebijakan pemerintah dalam industry, didirikannya pabrik-pabrik dengan tujuan mengurangi ketergantungan Indonesia dengan negara lain. Apabila bahan baku dan bahan penunjang dapat diperoleh di dalam negara sendiri maka akan menguntungkan dalam segi perekonomian seperti menghambat pengeluaran devisa, dapat membuka lapangan pekerjaan baru, dan juga dapat meningkatkan ekspor.

Phthalic anhydride termasuk dalam senyawa organik yang mempunyai rumus kimia $C_8H_4O_3$ berbentuk kristal berwarna putih dan berbau apak. *Phthalic anhydride* merupakan bahan setengah jadi yang digunakan sebagai bahan baku untuk industri lain. *Phthalic anhydride* digunakan sebagai bahan baku utama untuk memproduksi *phthalic plasticizer* (56%), *unsaturated polyester* dan *alkid resin* (17%). Pada pembuatan parfum, pigmen, obat-obatan serta penolak serangga juga menggunakan *phthalic anhydride*.

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi *phthalic anhydride* berasal dari naphthalene dan *o-xylene*. Kebutuhan bahan ini masih didapatkan dengan mengimpor dari Malaysia karena jaraknya yang lebih dekat dari Indonesia dan juga tidak ada industri didalam negeri yang dapat memproduksi dua bahan tersebut.

Di Indonesia kebutuhan *phthalic anhydride* akan terus meningkat setiap tahunnya, dan hanya mengandalkan produksi lokal serta impor. Namun, pada saat ini di dalam negeri hanya mempunyai satu pabrik yang dapat memproduksi *phthalic anhydride* yaitu PT. Pertowidada Gresik dengan kapasitas 70.000 ton/tahun. Namun dengan kapasitas tersebut tidak dapat memenuhi kebutuhan pasar apalagi untuk sekarang ini diperkirakan tidak hanya Indonesia saja yang kebutuhan *phthalic anhydride* meningkat tetapi negara lain juga seperti Malaysia, Myanmar, Singapura, Thailand dan Vietnam. Hal ini dapat dilihat dari kebutuhan *phthalic*

anhydride selama 5 tahun terakhir. Berdasarkan pertimbangan diatas, maka pendirian pabrik *phthalic anhydride* perlu didirikan dengan tujuan untuk mengurangi jumlah impor dan memiliki peluang untuk di ekspor.

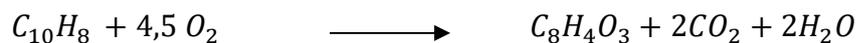
I.2. Tinjauan Pustaka

I.2.1. Dasar Reaksi

Phthalic anhydrate mempunyai rumus molkeul $C_8H_4O_3$ dan mempunyai berat molekul 148,11 gram/mol. *Phthalic anhydrate* dibuat dengan bahan dasar Napthalene dengan proses oksidasi dalam fasa uap dengan menggunakan katalis *vanadium pentaoksida* dan *molybdenum oksida* untuk mempercepat reaksi. Proses pembuatan *phthalic anhydrate* melibatkan reaksi samping dan produk. Oleh karena itu pemilihan katalis yang mempunyai kualitas dan kuantitas yang bagus sangat mempengaruhi untuk mencapai selektivitas pada produk akhir.

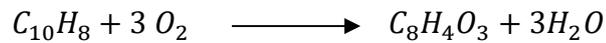
Pada proses pembuatan *phthalic anhydrate* dari naphthalene dan oksigen menggunakan reaksi oksidasi udara katalitik fase gas berlangsung didalam reaktor *fixed bed multitube* (Newnan, 1975). Proses pembuatan *phthalic anhydrate* dengan menggunakan proses oksidasi naphthalene untuk reactor yang digunakan jenis *Fixed Bed Reactor* dengan katalis *vanadium pentaoxide* (V_2O_5) dengan penyangga silica gel. Proses pembuatan phthalic anhydride yang dikenal pada saat ini ada dua jenis,yaitu :

a. Dari naphthalene dan oksigen dengan proses oksidasi



Proses pembuatannya dengan cara mencairkan *naphthalene* kemudian mencampur dengan udara. Udara yang digunakan untuk bereaksi dengan naphthalene dua kali berlebih. Kemudian campuran dimasukkan kedalam reaktor fixed bed dengan menggunakan katalis V_2O_5 dengan tekanan 1 atm dan suhu 350 °C. Gas yang keluar dari reaktor akan didinginkan dan diembunkan. *Phthalic anhydride* kemudian dibentuk menjadi butiran dengan kemurnian 99,80 % (Weissermel and Arpe, 1997).

b. Proses oksidasi *o-xylene* dengan udara fase uap



Pada proses ini *o-xylene* diuapkan dan dicampur dengan udara kemudian dipanaskan hingga suhu 371-382 °C dan tekanan yang digunakan 1,3-2,04 atm. kemudian campuran dimasukkan didalam reactor. Reaktor yang digunakan fixed-bed kemudian dicampur dengan katalis *vanadium pentaoksida* sehingga terjadi reaksi pembentukan *phthalic anhydride*. Hasil uap kemudian didinginkan dan diembunkan. Gas dan cairan dipisahkan menggunakan separator, kemudian *phthalic anhydride* dipisahkan dari impuritisnya dalam menara destilasi untuk mendapatkan *phthalic anhydride* dengan kemurnian 78% dengan sisa 3,5% *maleic anhydride*, dan 18,5% karbondioksida dan air (Tsang,1993).

1.2.2. Pemilihan Proses

Perbandingan antara proses oksidasi naphthalene dan proses oksidasi *o-xylene* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel I.1 Perbandingan Pemilihan Proses

No	Pertimbangan	Proses Oksidasi <i>Napthalene A</i>	Proses Oksidasi <i>O-xylene B</i>	Nilai	
				A	B
1.	Bahan baku	<i>Napthalene</i>	<i>O-xylene</i>	****	**
2.	Fase	Gas-gas	Gas-gas	***	***
3.	Tekanan	1 atm	1,3-2,04 atm	****	**
4.	Suhu reaktor	260-400 °C	537,78 °C	***	**
5.	Katalis	V_2O_5	V_2O_5	***	***
6.	Konversi	99,80 %	78 %	****	***
7.	Reaktor	Fixed Bed	Fixed Bed	***	***
TOTAL NILAI				24	19

(Hill,1977)

Keterangan :

- * : Tidak menguntungkan
- ** : Cukup menguntungkan
- *** : Menguntungkan

**** : Sangat menguntungkan

Dari data perbandingan untuk pemilihan proses diatas, jumlah nilai pada kedua proses A (oksidasi *naphthalene*) lebih besar dibandingkan dengan proses B (oksidasi *O-xylene*) berdasarkan pertimbangan berikut :

- I. Suhu operasi yang digunakan untuk proses A lebih rendah yaitu 260 °C.
- II. Pada proses A didapatkan kemurnian yang lebih tinggi yaitu 99,80%, dibandingkan dengan proses 1 yaitu 78%.
- III. Bahan baku *naphthalene* yang tersedia lebih banyak dan mudah ditemukan daripada *O-xylene*.

I.3. Tinjauan Kinetika Reaksi dan Termodinamika



I.3.1. Tinjauan Kinetika

Kondisi Operasi:

Suhu : 260- 400°C

Tekanan : 1 atm

Orde reaksi : 1 (orde 1)

Konversi : 99,80 %

Kinetikanya dapat dilihat dari kenaikan temperature yang akan mempengaruhi kecepatan reaksinya. Hal ini dapat dilihat pada persamaan Arrhennius.

$$k = A. e^{-Ea/RT}$$

Peterson (1962) menyatakan persamaan kecepatan reaksi kimia dapat dihitung dengan cara :

$$k = k_0. e^{-Ea/RT}$$

$$k = 5,6 \times 10^6. e^{-1700/RT}$$

(Peterson,1962)

Dimana :

k = Konstanta kecepatan reaksi (1/sec)

E =Energi aktivasi (1700 cal/mol)

R =Konstanta gas ideal $\left(1,987203 \frac{cal}{mol.k}\right)$

T = Suhu fluida (K)

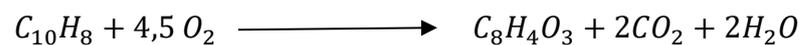
k_0 = Faktor A ($5,6 \times 10^6$ 1/sec)

I.3.2. Tinjauan Termodinamika

Tujuan dari tinjauan termodinamika yaitu untuk mengetahui bahwa :

1. Pada proses reaksi dapat menghasilkan panas (eksoterm) dengan nilai ΔH negative atau dapat menyerap panas dengan ΔH positif.
2. Reaksi spontan dan tidak spontan dipengaruhi oleh ΔG dapat bernilai positif dan negative. Apabila ΔG negative maka reaksi berjalan spontan dan jika ΔG positif berjalan tidak spontan
3. Konstanta kesetimbangan reaksi dipengaruhi dari arah suatu reaksi. Apabila (*reversible*) berjalan dua arah secara bolak balik sedangkan jika (*irreversible*) konstanta kesetimbangan besar.

Proses reaksi oksidasi *naphthalene* sebagai berikut :



Dengan kondisi operasi :

Suhu (T) = 260-400 °C

Tekanan (P) = 1 atm

1. Sifat reaksi

Digunakan untuk mengetahui apakah reaksi membutuhkan dan menghasilkan panas (endotermis dan eksotermis) dapat diketahui melalui perhitungan panas pembentukan total.

Tabel I.2 Panas Pembentukan Standar pada T=298 K dan P=1 atm

Komponen	$\Delta H^0 f$
$C_{10}H_8$	-150,60
O_2	0
Komponen	
$C_8H_4O_3$	-393,13
CO_2	-393,5
H_2O	-241,8

$$\Delta H^\circ R_{298,15K} = \Delta H^\circ f_{\text{produk}} - \Delta H^\circ f_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H^\circ R_{298,15K} = [(n \times \Delta H^\circ f)C_{10}H_8 + (n \times \Delta H^\circ f)CO_2 + (n \times \Delta H^\circ f)H_2O] - [(n \times \Delta H^\circ f)C_{10}H_8 + (n \times \Delta H^\circ f)O_2] \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ R_{298,15K} = [(1 \times -393,13) + (2 \times -393,50) + (2 \times -241,80)] - [(1 \times -150,96) + (4,5 \times 0)] \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ R_{298,15K} = -1814,69 \text{ kJ/mol}$$

Hasilnya diperoleh nilai $\Delta H^\circ R_{298}$ negatif, maka reaksi bersifat eksotermis
Kelangsungan reaksi

Kelangsungan reaksi digunakan untuk mengetahui reaksi spontan atau tidak spontan melalui perhitungan energi gibbs pada $T=298 \text{ K}$ dan $P= 1 \text{ atm}$ seperti yang ditampilkan pada tabel 1.3 didapat data dari Yaws (1999).

Komponen	$\Delta G^\circ f \left(\frac{Kj}{mol}\right)$
$C_{10}H_8$	224,10
O_2	0,00
$C_8H_4O_3$	-329
CO_2	-394,40
H_2O	-228,60

$$\begin{aligned} \Delta G_{298,15K} &= \Delta G^\circ_f \text{ produk} - \Delta G^\circ_f \text{ reaktan} \\ &= -1799,10 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas nilai ΔG° yang diperoleh < 0 , artinya reaksi dapat berlangsung.

Harga konstanta kesetimbangan pada keadaan standar

$$\Delta G = -R.T.lnK_{298}$$

$$\Delta G_{298} = -1799100 \text{ kJ/mol}$$

$$lnK_{298} = \frac{\Delta G_{298}}{-R.T}$$

$$lnK_{298} = \frac{-1799100}{-8,314 \times 298}$$

$$lnK_{298} = 726,15447$$

Harga $K_{operasi}$ pada suhu $260\text{ }^{\circ}\text{C} = 533\text{ K}$ dapat dihitung sebagai berikut.

$$\ln \frac{K_{533}}{K_{298}} = \frac{\Delta G}{-R} \times \frac{T - T_{reff}}{T \times T_{reff}}$$

$$\ln \frac{K_{533}}{K_{298}} = \frac{-1799100}{-8,314} \times \frac{533 - 298}{533 \times 298}$$

$$\ln \frac{K_{533}}{K_{298}} = 32,0161$$

$$\frac{K_{533}}{K_{298}} = \exp 32,0161$$

$$\frac{K_{533}}{K_{298}} = 8,02446 \times 10^{13}$$

$$K_{533} = 2,69277 \times 10^{11}$$

Karena nilai K sangat besar maka reaksi yang terjadi *irreversible*

I.4. Kegunaan Produk

Secara umum *Phthalic Anhydride* dapat digunakan untuk beberapa hal sebagai berikut :

1. Industri *phthalate plasticizer phthalic anhydride* ini dipakai untuk mengubah sifat-sifat fisika resin *polivinil klorida*.
2. Industri *alkyd resin*, resin merupakan lapisan pelindung pada permukaan dinding (cat) insulator listrik dan komponen elektronik.
3. *Unsaturated polyester resin (UPR)* merupakan bahan pembuatan fiber glass yang proses selanjutnya akan dipakai untuk membuat badan kendaraan, tubuh kapal, tangka, panel-panel gedung dan sebagainya.
4. Industri lainnya *phthalic anhydride* digunakan untuk pembuatan *halogenated anhydride* sebagai bahan *polyester polialkohol* untuk pewarna , parfum, obat-obatan dan bahan penolak serangga.

(Kirk and Othmer,1998)

I.5. Penentuan Kapasitas Pabrik

I.5.1. Data Impor

Kebutuhan *phthalic anhydride* diperkirakan akan semakin meningkat,karena semakin banyak berkembang industry polimer baik diIndonesia

dan di luar negeri yang membutuhkan bahan baku seperti *plasticizer*, *unsaturated polyester*, *alkyd resin*.

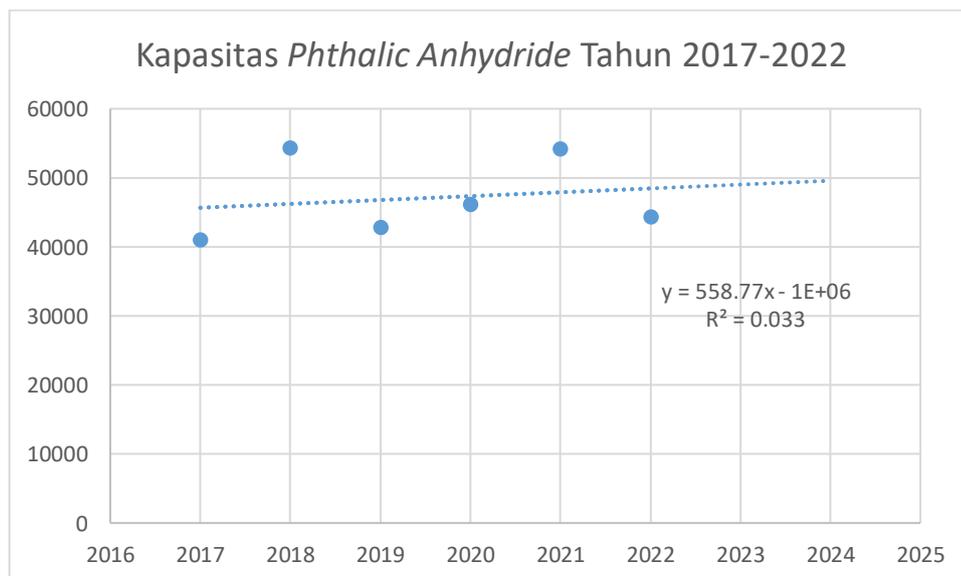
Kebutuhan rata-rata data impor *phthalic anhydride* yang didapatkan pada BPS (Badan Pusat Statistik) pada rentang tahun 2018-2022 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel I.4 Data Impor *Phthalic Anhydride* di Indonesia

No	Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	2018	54.223
2	2019	42.796
3	2020	46.103
4	2021	54.098
5	2022	44.231

Sumber: <https://www.bps.go.id> Tahun 2017-2022.

Dapat dilihat dari data yang didapatkan pada tabel I.4 bahwa apabila pabrik direncanakan akan dibangun pada tahun 2027, maka perkiraan kapasitas yang akan digunakan dapat dilihat dari persamaan regresi linier yang didapatkan. Pada Tabel I.4 dapat digambarkan grafik hubungan antara tahun impor dengan jumlah data *phthalic anhydride* impor yang dilakukan. Hubungan dapat dilihat dari grafik yang tertera berikut.



Gambar I.1 Grafik Kebutuhan *Phthalic Anhydride* di Indonesia

Berdasarkan grafik di atas didapatkan nilai regresi linier $y = 558,7714x - 1081379$. Pabrik *phthalic anhydride* ini akan dibangun pada 2027 dengan pertimbangan data BPS pada tahun 2017-2022 dapat ditentukan kapasitas pabrik *phthalic anhydride* dengan cara menghitung regresi linier dengan persamaan:

$$y = 558,7714x - 1081379$$

$$y = (558,7714 \cdot 2027) - 1081379$$

$$y = 51250,29$$

Dari hasil penghitungan kapasitas di atas, kebutuhan *phthalic anhydride* di Indonesia sebesar 51250,29 ton pada tahun 2027. Dapat dilihat dari grafik bahwa kebutuhan *phthalic anhydride* setiap tahunnya naik dan turun. Oleh karena itu, tingginya impor yang dilakukan dapat melatarbelakangi perlunya pembangunan pabrik di Indonesia. Dengan perencanaan pembangunan pabrik dengan kapasitas sebanyak 50.000 ton/tahun diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi kebutuhan impor *phthalic anhydride*.

I.5.2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan *phthalic anhydride* yaitu naphthalene yang didapatkan dari negara China, Malaysia, dan Selangor. Untuk bahan baku udara didapatkan dari lingkungan sekitar. Berikut merupakan beberapa pabrik naphthalene yang telah berdiri pada tabel I.5.

Tabel I.5 Data Ketersediaan Bahan Baku *Phthalic Anhydride*

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Creekside Industries	Baytown, Texas	16.330
Koppers industries, Inc	Follansbee, West Valley	65.320
ABA Chemie	Selangor, Malaysia	78.000
TOTAL		159.650

I.5.3. Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Produksi *phthalic anhydride* di dunia terletak di berbagai wilayah yaitu Eropa dan Indonesia. Untuk wilayah dan kapasitas yang diproduksi bisa dilihat pada tabel berikut.

Tabel I.6 Data Perusahaan *Phthalic Anhydride* di Dunia

No	Lokasi	Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
1.	Texas,USA	BASF	125.000
2.	Louisiana,USA	Exxon Mobile	135.000
3.	Mexico	Grupo Primex	35.000
4.	Mexico	Koppers Industries	100.000
5.	USA	Stepan	110.000
6.	Italy	Polynt	110.000
7.	France	Arkema	90.000
8.	German	Lanxess	85.000
9.	Hungary	Kemplas	50.000
10.	Belgium	Proviron Vital	105.000
11.	Gresik,Indonesia	Pertrowidada	70.000
TOTAL			1.015.000

Sumber: Icis.com

Berdasarkan data industri *phthalic anhydride* di dunia untuk kapasitas minimum sebesar 35.000 ton/tahun yang terdapat pada perusahaan Grupo Primex yang bertempat di Mexico. Adapun untuk kapasitas maksimum sebesar 135.000 ton/tahun yang terdapat pada perusahaan Exxon Mobile yang berlokasi di Louisiana, USA.

Adapun dengan pertimbangan kapasitas pabrik yang sudah berdiri, jumlah impor, kapasitas pabrik, dan proyeksi kebutuhan *phthalic anhydride* ke depan dapat disimpulkan bahwa perlunya pendirian pabrik *phthalic anhydride* di Indonesia pada tahun 2027 dengan kapasitas 50.000 ton/tahun dengan tujuan memenuhi kebutuhan *phthalic anhydride* di Indonesia dan mengurangi angka impor *phthalic anhydride*.

I.6. Pemilihan Lokasi

Lokasi dari pendirian pabrik harus memperhatikan letak geografis karena akan mempengaruhi kelangsungan hidup dari perusahaan. Sebelum mendirikan pabrik juga harus melakukan survey untuk mempertimbangkan factor-faktor penunjang pabrik. Lokasi yang akan dipilih untuk pendirian pabrik *phthalic anhydride* ini dikawasan industri cilegon banten dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku dari pembuatan *phthalic anhydrate* ini adalah naphthalene yang dapat diperoleh dari ABA Chemie Shah Alam, Selangor Malaysia.

2. Daerah Pemasaran

Didaerah Cilegon sendiri telah banyak berdiri pabrik yang menggunakan bahan baku *phthalic anhydrate* seperti industri *unsaturated polyester resin* dan industri *alkyld resin* biaya pemasaran dan transportasi produk lebih murah dan mudah. Cilegon juga mempunyai akses jalan serta Pelabuhan yang cukup besar untuk memudahkan distribusi.

3. Sarana transportasi

Kawasan industri Cilegon yang berdekatan dengan area-area industri akan memudahkan jangkauan pemasaran. Posisinya juga tidak jauh dari Pelabuhan Merak yang mempermudah untuk memasok bahan baku. Di kota Cilegon juga terdapat 2 terminal bus yaitu Terminal Utama Terpadu nasional dan juga Terminal Kota Cilegon. Terdapat juga 3 stasiun kereta api yaitu Stasiun Cilegon, Stasiun Krenceng dan Stasiun Merak. Untuk bandara yang terdekat juga ada Soekarno-Hatta International Airport yang berlokasi di Tangerang, Banten.

4. Tenaga Kerja

Cilegon dekat dengan kota-kota besar disekitarnya seperti Jakarta dan Bandung yang memiliki banyak penduduk sehingga tenaga kerja sebagai tenaga ahli didatangkan dari perguruan tinggi dengan kualifikasi yang sesuai sedangkan untuk tenaga kerja yang menengah maupun yang kasar diambil dari daerah disekitar pabrik.

5. Utilitas

Utilitas utama dari sebuah pabrik adalah kebutuhan listrik dan air. Untuk kebutuhan listrik akan dipenuhi oleh PLN dan Sebagian lagi akan disuplay oleh generator pembangkit tenaga listrik yang dimiliki oleh pabrik. Kebutuhan bahan bakar akan disuplay oleh Pertamina. Untuk kebutuhan air untuk konsumsi dan sanitasi pekerja didapatkan dari PT. Krakatau Tirta Industri dan untuk pendingin diperoleh darisungai Cidanau, karena lokasi pabrik yang berdekatan dengan sungai.

6. Keadaan Geografis

Kawasan Cilegon ini berada pada daerah yang beriklim tropis sehingga iklim dan cuaca relative stabil. Keadaan tanahnya juga dataran yang rata dan relative stabil.

7.Regulasi dan Perijinan

Kawasan industry Cilegon ini merupakan Kawasan industri yang telah banyak pabrik berdiri disana, sehingga perijinan mendirikan pabrik yang baru relative lebih mudah. Dengan adanya dorongan dari pemerintah untuk perkembangan industri dan diharapkan dapat memberikan keuntungan tersendiri. Masyarakat di sekitar industri ini merupakan faktor yang sangat berpengaruh di kawasan industri Krakatau *Steel*, Cilegon, Banten. Letak kawasan ini sudah dipenuhi banyak pabrik, sehingga sudah terdapat penataan kawasan dan cukup banyak fasilitas-fasilitas penunjang yang sangat memadai.