

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia semakin harinya mengalami peningkatan, baik dari segi jumlah maupun keanekaragamannya. Seiring dengan perkembangan industri tersebut, terjadi pula peningkatan pada kebutuhan bahan baku dan bahan pembantu. Namun untuk memenuhi kebutuhan tersebut Indonesia masih banyak mengimpor, guna memenuhi kebutuhan dalam negeri. Salah satu bahan baku yang banyak di impor adalah *phthalic anhydride*.

Phthalic anhydride merupakan senyawa organik dengan rumus kimia ($C_8H_4O_3$) atau menurut IUPAC adalah 1,3 isobenzofurandione memiliki beberapa kegunaan antara lain sebagai *plasticizer*, yaitu bahan yang ditambahkan pada resin agar menjadi lunak dan mudah dibentuk (*flexible*), sehingga mempermudah proses fabrikasi (*flowing, casting, dan finishing process*). Penggunaan *phthalic anhydride* di industri banyak digunakan sebagai *plasticizer* (55%), *unsaturated polyesters* (14%), *alkyd resins* (15%) dan lain-lain (16%). (Ullmann's, 2007).

Untuk memenuhi kebutuhan *phthalic anhydride* di Indonesia, masih mengandalkan produksi lokal dan impor. Namun, produksi *phthalic anhydride* hanya di produksi oleh satu perusahaan yaitu PT Petrowidada Gresik dengan kapasitas 70.000 MTPY. Berdasarkan hal tersebut pendirian pabrik *phthalic anhydride* perlu didirikan guna mengurangi jumlah impor dan memiliki peluang untuk diekspor.

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1 Maksud

Maksud dari prancangan pabrik ini adalah untuk memenuhi kebutuhan *phthalic anhydride* di Indonesia, karena produk ini banyak digunakan untuk

plasticizer pada produk-produk berbahan dasar polimer atau plastik. Di Indonesia pabrik yang memproduksi *phthalic anhydride* hanya PT. Petrowidada di Gresik, untuk itu agar terpenuhi kebutuhan *phthalic anhydride* di dalam negeri maka dalam prarancangan pabrik ini akan dirancang pabrik kimia yang memproduksi *phthalic anhydride* dari *ortho xylene* dan udara.

1.2.2 Tujuan

Tujuan dari prarancangan pabrik *phthalic anhydride* ini adalah:

1. Untuk meningkatkan jumlah produksi *phthalic anhydride* yang ada di dalam negeri.
2. Untuk memenuhi kebutuhan industri yang menggunakan *phthalic anhydride* sebagai bahan baku.
3. Mengurangi jumlah kebutuhan impor di dalam negeri.
4. Menerapkan disiplin ilmu teknik kimia dalam sebuah prarancangan pabrik kimia.

1.3 Analisa Pasar

1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi *phthalic anhydride* adalah *ortho xylene* dan udara. *Ortho xylene* yang digunakan sebagai bahan baku akan di suplai oleh PT. Trans Pacific Petrochemical Indotama dengan kapasitas 100.000 ton/tahun (www.kemenperin.go.id), sedangkan untuk kebutuhan oksigen akan diambil langsung dari udara sekitar.

1.3.2 Kebutuhan Produk

Permintaan akan *phthalic anhydride* diperkirakan akan semakin meningkat, mengingat semakin berkembangnya industri polimer yang membutuhkan bahan baku seperti *plasticizer*, *unsaturated polyesters*, *alkyl resins* dan lain-lain baik di dalam maupun luar negeri. Untuk memenuhi kebutuhan *phthalic anhydride* di Indonesia, masih mengandalkan produksi lokal dan impor.

Berikut merupakan data perkembangan impor *phthalic anhydride* di Indonesia ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Table 1.1 Data perkembangan Impor *phthalic anhydride* di Indonesia Periode 2012-2016

Tahun	Impor (Ton)
2012	34.173,05
2013	43.068,88
2014	43.909,63
2015	37.777,13
2016	43.084,11

(Badan Pusat Statistik, 2017)

Selain itu permintaan akan *phthalic anhydride* di negara lain seperti Malaysia, Myanmar, Singapura, Thailand, dan Vietnam juga mengalami peningkatan selama 5 tahun terakhir.

Berikut merupakan data perkembangan *phthalic anhydride* di negara lain ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1.2 Data kebutuhan *phthalic anhydride* negara lain dari tahun 2012 – 2016

Negara	Kebutuhan (Ton/Tahun)
Malaysia	53831.06
Myanmar	1002.263
Singapura	10152.104
Thailand	45891.28
Vietnam	24880.27

(United Nations Data, 2018)

1.4 Penentuan Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan dalam merancang suatu pabrik dimana kapasitas produksi dapat mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis.

Pabrik *phthalic anhydride* direncanakan akan didirikan pada tahun 2022, dengan mempertimbangkan jumlah kebutuhan produk dalam negeri dan melihat peluang dari kebutuhan negara lain berdasarkan data yang tersedia pada tabel 1.1 dan tabel 1.2, maka kapasitas pabrik yang direncanakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1.3 Data impor dan ekspor *phthalic anhydride* di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2017)

Tahun	Impor		Ekspor	
	Ton/Tahun	Pertumbuhan	Ton/Tahun	Pertumbuhan
2012	34173.05	-	8270.1	-
2013	43068.88	20.65 %	1489	-82.00 %
2014	43909.63	1.91 %	960	-35.53 %
2015	37777.13	-16.23 %	2940	206.25 %
2016	43084.11	12.32 %	10736	265.17 %
Kenaikan rata-rata		4.66 %		88.47 %

Untuk mengetahui jumlah kapasitas produksi pabrik *phthalic anhydride* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

Keterangan :

m_1 = Nilai impor tahun pabrik didirikan

m_2 = Produksi pabrik didalam negeri

m_3 = Kapasitas pabrik yang akan didirikan

m_4 = Nilai ekspor tahun pabrik didirikan

m_5 = Nilai konsumsi dalam negeri tahun pabrik didirikan

(Kusnarjo, 2010)

Dengan menggunakan tabel 1.3 diperoleh kenaikan impor per tahun adalah 4.66% dan untuk kenaikan ekspor per tahun adalah 88.47%. Maka diasumsikan bahwa nilai impor pada tahun 2022 dapat tercukupi oleh produksi pabrik yang didirikan maka $m_1 = 0$ dan jumlah produksi pabrik didalam negeri merupakan kapasitas produksi PT Petrowidada Gresik yaitu 70.000 ton/tahun. Maka perkiraan impor pada tahun 2022:

$$\begin{aligned} m_5 &= P (1+i)^n \\ &= 43909.63 (1+0.0466)^5 \\ &= 55139.5719 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perkiraan ekspor tahun 2022, diasumsikan rata-rata kenaikan ekspor tiap tahun adalah 60%.

$$\begin{aligned} m_4 &= P (1+i)^n \\ &= 10736 (1+0.6)^5 \\ &= 112575.1194 \text{ ton} \end{aligned}$$

Sehingga peluang kapasitas produksi pada tahun 2022 adalah,

$$\begin{aligned} m_1 + m_2 + m_3 &= m_4 + m_5 \\ m_3 &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\ m_3 &= (112575.1194 + 55139.5719) - (0 + 70000) \\ m_3 &= 97714.691 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

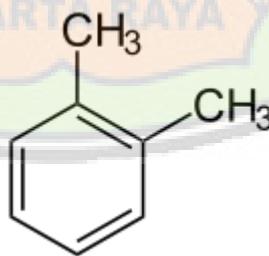
Berdasarkan perhitungan peluang kapasitas produksi pabrik *phthalic anhydride* adalah 97714.691 ton/tahun, dan dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku dari PT. Trans Pacifik Petrochemical Indotama, maka kapasitas diturunkan menjadi 50.000 ton/tahun.

1.5 Tinjauan Pustaka

Proses pembuatan *phthalic anhydride* dimulai dengan mengoksidasi *naphthalene* dalam bentuk fase gas dengan menggunakan katalis vanadium dan molybdenum yang telah dikembangkan oleh Amerika Serikat. Setelah perang dunia kedua, metode yang sering digunakan adalah oksidasi BASF's *naphthalene* dengan asam sulfat dalam bentuk fase cair. Proses ini dipatenkan pada tahun 1896. Proses ini terus digunakan hingga terjadi kelangkaan *naphthalene* pada tahun 1950-an. Ketika terjadi kelangkaan *naphthalene*, berbanding terbalik dengan ketersediaan *o-xylene* sebagai hasil industri petrokimia yang sangat melimpah maka dipilihlah *o-xylene* sebagai pengganti *naphthalene*. Keuntungan yang didapat dengan menggunakan *o-xylene* adalah secara teoritis akan didapatkan hasil *yield* sebesar 1.395 kg/kg sedangkan untuk penggunaan *naphthalene* hanya menghasilkan *yield* sebesar 1.157 kg/kg. (Kirk & Othmer, 2007).

1.5.1 Ortho Xylene

Xylene adalah adalah hidrokarbon aromatic yang terdiri dari benzene yang berikatan dengan 2 metil, yang diproduksi melalui reformasi katalitik naphta. Reformasi katalitik naphta menghasilkan campuran xylene yaitu : *Paraxylene (p-xylene)*, *orthoxylene (O-xylene)* dan *Metaxylene (m-xylene)*. Ortho Xylene adalah senyawa aromatic dengan Rumus Kimia C_8H_{10} , dan gambar Gugus fungsi ortho xylene adalah sebagai berikut :



Gambar 1.1 Gugus Fungsi *O-Xylene*

Ortho xylene memiliki nama IUPAC 1,2 dimetilbenzen, ortho xylene sebagian besar digunakan dalam produksi anhydride ftalat yang digunakan sebagai bahan polimer.

1.5.2 Macam – Macam Proses

Proses pembuatan *phthalic anhydride* adalah:

- a) Oksidasi *ortho xylene* dengan menggunakan Fixed Bed pada fase gas
Proses produksi *phthalic anhydride* lebih dari 90% diproduksi dengan mengoksidasi *ortho xylene* dalam fase uap menggunakan Fixed Bed berkatalis. Pada tahun 1960an terdapat dua jenis Fixed Bed yaitu low temperature/low space velocity dan high temperature/high velocity space. Penggunaan proses ini banyak digunakan oleh beberapa perusahaan antara lain : BASF, Alusuisse, Huels, BP Chemical, dan Bayer. Katalis yang digunakan adalah Vanadium Oksida dan Titanium Oksida dengan waktu tahan 3 tahun. (Kirk & Othmer, 2007).
- b) Oksidasi *naphthalene* dengan menggunakan Fixed Bed pada fase gas
Proses produksi *phthalic anhydride* menggunakan bahan *naphthalene* memiliki proses yang hampir sama, yang membedakan adalah penggunaan katalis. Katalis yang digunakan adalah Vanadium Oksida dan Alkali Metal Sulfate yang didukung oleh Silika Gel atau Silikon Karbida. (Kirk & Othmer, 2007).
- c) Oksidasi menggunakan Fluidized Bed pada fase gas
Fluidized Bed Reaktor dikembangkan untuk mengoksidasi *naphthalene* menjadi *phthalic anhydride* dan mulai beroperasi pada tahun 1945. Pada tahun 1990an, penggunaan *naphthalene* sebagai bahan baku pada hanya dimanfaatkan oleh beberapa industri yang menggunakan proses Fluidized Bed dan bahkan mungkin hanya satu industri. Tidak ada perusahaan yang menggunakan *ortho xylene* sebagai bahan baku. Selain itu penggunaan katalis *silica gel* pada Fluidized Bed Reaktor dapat mengganggu proses oksidasi jika menggunakan bahan baku *ortho xylene*. Sebaliknya, dukungan katalis *titanium dioksida* yang digunakan dalam oksidasi *ortho xylene* tidak dapat bertahan baik didalam reaktor. (Kirk & Othmer, 2007).

d) Oksidasi *ortho xylene* pada fase cair

Produksi *phthalic anhydride* dengan oksidasi *ortho xylene* pada fase cair secara komersial mulai digunakan di Prancis pada tahun 1965 dan kemudian ditutup pada tahun 1970an. Proses oksidasi *ortho xylene* pada fase cair menggunakan pelarut asam asetat dengan katalis berupa *cobalt/mangan/brom*. Proses ini menghasilkan konversi yang cukup besar yaitu 80-90%. Namun dalam proses pembangunan pabrik membutuhkan *capital cost* yang tinggi karena membutuhkan logam dalam jumlah yang besar. (Kirk & Othmer, 2007).

1.5.3 Kegunaan Produk

Phthalic anhydride di industri banyak digunakan sebagai *plasticizer* (55%), *unsaturated polyesters* (14%), *alkyd resins* (15%) dan lain-lain (16%). (Ullmann's, 2007).

Kegunaan lain produk *phthalic anhydride* yaitu:

1. Sebagai bahan baku intermediet dalam industri

Phthalic anhydride banyak dijadikan sebagai zat intermediet yang ditambahkan dalam produksi pewarna, pertanian, farmasi dan beberapa bahan kimia lainnya. (www.inchem.org)

Phthalic anhydride adalah zat antara kimia penting dalam industri plastik yang berasal dari berbagai *phthalate ester* yang berfungsi sebagai resin sintetis. *Phthalic anhydride* sendiri digunakan sebagai monomer untuk resin sintetis seperti glyptal, resin alkid, dan resin poliester. *Phthalic anhydride* juga digunakan sebagai prekursor pewarna *antrakuinon*, *phthalein*, *rhodamine*, *phthalosianin*, *fluorescein*, dan *xantene*.

Phthalic anhydride digunakan dalam sintesis amina primer dan sebagai zat fungisida dalam pertanian. Reaksi lain dengan *phthalic anhydride* menghasilkan *fenolftalein*, asam benzoat, *phthalylsulfathiazole* (agen antimikroba intestinal), dan asam orthophthalic.

2. Sebagai pelapis

Phthalic anhydride digunakan sebagai pelapis pada industri peralatan rumah tangga, mobil, peralatan medis dan furniture. (www.inchem.org)

1.5.4 Kinetika Reaksi

Proses pembuatan *phthalic anhydride* dengan metode oksidasi ortho xylene dalam fasa gas memiliki reaksi utama yaitu :



Katalis dapat bekerja pada temperature 300 °C dan 400 °C, dan pada tekanan 1 atm dan 3 atm.dengan laju reaksi : $r_1 = k_1 p_{xy} p_{\text{O}_2}$, dan konstanta didefinisikan :

$$\ln \frac{k_1}{k_0} = - \frac{27,000}{RT} + 19,837$$

dimana

p = tekanan parsial dalam atm

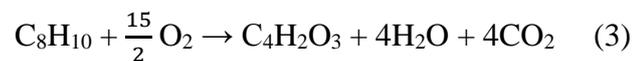
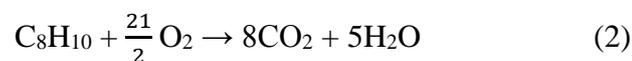
r_1 = $\text{kmol jam}^{-1} (\text{kg katalis})^{-1}$

k_0 = $1 \text{ kmol jam}^{-1} (\text{kg katalis})^{-1} \text{ atm}^{-2}$

R = 1.987 cal/K mol

T = dalam K

Selain itu terdapat reaksi samping dengan reaksi sebagai berikut :



Dengan laju reaksi dan konstanta didefinisikan :

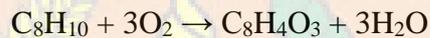
$$r_2 = k_2 p_{\text{pa}} p_{\text{O}_2} \quad \ln \frac{k_2}{k_0} = - \frac{28,600}{RT} + 18.97$$

$$r_3 = k_3 p_{xy} p_{O_2} \quad \ln \frac{k_3}{k_0} = -\frac{27,900}{RT} + 19,23$$

1.5.5 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara Termodinamika adalah digunakan untuk mengetahui sifat reaksi tersebut, membutuhkan panas (*endotermis*) atau melepaskan panas (*eksotermis*), dan juga untuk mengetahui arah reaksi, apakah reaksi tersebut berjalan searah (*irreversible*) atau berbalik (*reversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis/endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$.

Reaksi yang terjadi:



Harga ΔH_f° 298 Reaksi dan ΔG 298 Reaksi masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.1 Harga ΔH_f° masing-masing komponen

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)
C_8H_{10}	18,9953
O_2	0,0
$C_8H_4O_3$	-371,5392
H_2O	-241,8264

(Perrys, 1997) & (Reklaitis, 1983)

$$\Delta HR_{298} = (n. \Delta H_f^\circ \text{ Produk}) - (n. \Delta H_f^\circ \text{ Reaktan})$$

$$\Delta HR_{298} = (\Delta H_f^\circ C_8H_4O_3 + 3. \Delta H_f^\circ H_2O) - (\Delta H_f^\circ C_8H_{10} + 3. \Delta H_f^\circ O_2)$$

$$\Delta H_{R_{298}} = (-371,5392 + 3 (-241,8264)) - (18.9953 + 3 (0,0))$$

$$\Delta H_{R_{298}} = (-1097,02 - 18,9953)$$

$$\Delta H_{R_{298}} = -1116,0137 \text{ kJ/mol}$$

Harga $\Delta H_{R_{298}}$ bernilai negatif, maka reaksi pembentukan *phthalic anhydride* bersifat *eksotermis* atau menghasilkan panas selama reaksi berlangsung. Energi Bebas Gibbs (ΔG) digunakan untuk menentukan apakah reaksi berlangsung secara Spontan, tidak spontan, atau berada dalam kesetimbangan. Jika nilai ΔG adalah negatif maka reaksi berjalan spontan, jika bernilai positif maka reaksi berjalan tidak spontan, sedangkan jika ΔG° adalah nol maka reaksi berada dalam kesetimbangan. Berikut adalah perhitungan nilai ΔG° .

Tabel 2.2 Harga ΔG masing-masing komponen

Komponen	ΔH_G (kJ/mol)
C_8H_{10}	$12,2 \times 10^{-13}$
O_2	0,0
$C_8H_4O_3$	-1376,536
H_2O	$-22,8590 \times 10^{-13}$

(Perrys, 1997)

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ \text{ Produk} - \Delta G^\circ \text{ Reaktan}$$

$$\Delta G^\circ = (\Delta G^\circ f C_8H_4O_3 + 3. \Delta G^\circ f H_2O) - (\Delta G^\circ f C_8H_{10} + 3. \Delta G^\circ f O_2)$$

$$\Delta G^\circ = (-1376,536 + 3 (-22,8590 \times 10^{-13})) - (12,2 \times 10^{-13} + 3 (0,0))$$

$$\Delta G^\circ = (-1376,536 - (1,22 \times 10^{-12}))$$

$$\Delta G^\circ = -1376,536 \text{ kJ/mol}$$

Perhitungan harga Konstanta Kesetimbangan (K) dapat ditinjau dari rumus sebagai berikut :

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Atau

$$K = \exp^{-\Delta G/RT}$$

Dimana :

ΔG° = Energi bebas Gibbs standar, (KJ/mol)

R = Tetapan gas ideal, (0,008314 KJ/mol. K)

T = Temperatur, K

K = Konstanta Kesetimbangan

(S. K Dogra & S. Dogra, 1990)

Dari persamaan diatas dapat dihitung konstanta kesetimbangan pada $T_{\text{referensi}} = 298$ K adalah sebagai berikut.

$$K_{298} = \exp \left[-\frac{\Delta G}{RT} \right]$$

$$K_{298} = \exp \left[-\frac{-1376,536}{0,008314 \times 298} \right]$$

$$K_{298} = 1,96 \times 10^{241}$$

Reaksi dijalankan pada temperatur 350 °C, sehingga harga konstanta kesetimbangan K pada temperatur 350 °C (623 K) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{K_{\text{operasi}}}{K_{298}} = \exp -\frac{\Delta H^\circ_{298}}{R} \left[\frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\frac{K_{\text{operasi}}}{1,96 \times 10^{241}} = \exp -\frac{-1116,0137}{0,008314} \left[\frac{1}{623} - \frac{1}{298} \right]$$

$$K_{operasi} = 1,4725 \times 10^{139}$$

$$K \gg \gg \gg 1$$

Dari perhitungan diatas harga $K \gg \gg \gg 1$ sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi bersifat *irreversible* atau searah.

