

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik**

Di zaman sekarang ini industri kimia di Indonesia mengalami peningkatan dari segi kualitas maupun kuantitasnya terbukti dengan banyaknya pendirian industri kimia sehingga berpengaruh terhadap peningkatan kebutuhan bahan baku, bahan pembantu maupun tenaga kerja. Industri asam benzoat merupakan salah satu industri kimia yang mempunyai prospek yang menguntungkan, karena asam benzoat mempunyai banyak kegunaan di bidang industri makanan maupun farmasi. Asam benzoat digunakan sebagai bahan pengawet makanan, sedangkan di industri farmasi sebagai antiseptik, kaprolaktam, glikol benzoat, sodium dan potassium benzoat.

Menurut Kirk dan Othmer, asam benzoat yang terdapat di alam dalam bentuk turunan seperti garam, ester, dan amida. Getah benzoin (*styrax benzoin*) mengandung 20% asam benzoat atau kombinasinya yang dapat dipecah dengan pemanasan. Resin Acaroid (*Xanthorrhoca haslilis*) mengandung 4,5 – 7% asam benzoat. Sejumlah kecil terdapat pada kelenjar bau dari cengkeh matang dan minyak biji adas. Urin herbivora mengandung sejumlah kecil glisin yang merupakan turunan asam benzoat dan asam hippurat. Sehingga dapat dikatakan bahwa asam benzoat dalam bentuk murni tidak terdapat di alam.

Produksi asam benzoat umumnya diproduksi dari reaksi toluena dengan oksigen pada kondisi operasi tertentu. Bahan baku toluena dapat diperoleh dengan mudah, karena di Indonesia diproduksi bahan tersebut. Manfaat didirikannya pabrik asam benzoat di Indonesia antara lain:

1. Asam benzoat sebagai bahan baku dasar yang dapat memacu pertumbuhan industri lain yang membutuhkan bahan baku tersebut.
2. Menciptakan lapangan kerja baru, yang berarti dapat mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.
3. Mengurangi ketergantungan impor dari negara asing yang berarti menghemat devisa Negara.

## 1.2. Kapasitas Pabrik

Dalam perancangan kapasitas rancangan pabrik asam benzoat ada beberapa pertimbangan seperti peluang pasar, ketersediaan bahan baku, sarana transportasi, serta finansial dan ekonomis.

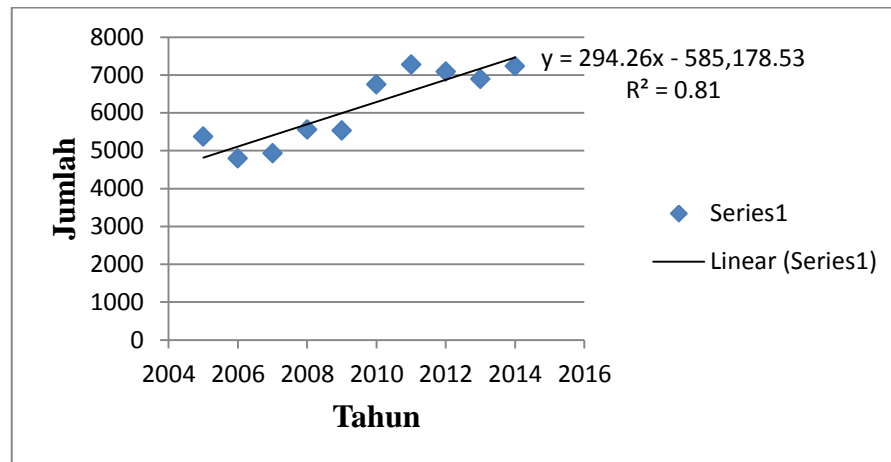
### 1.2.1. Kebutuhan Asam Benzoat di Indonesia

Kebutuhan asam benzoat di Indonesia semakin meningkat, sedangkan selama ini untuk memenuhi kebutuhan asam benzoat di dalam negeri sebagian besar dipenuhi oleh impor dari berbagai negara-negara tetangga. Data kebutuhan asam benzoat di Indonesia berdasarkan data impor yang diperoleh dari Biro Pusat Statistik (2015) adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1. Data impor asam benzoat (BPS, 2015)

No	Tahun	Jumlah (ton)
1.	2005	5.374,527
2.	2006	4.793,607
3.	2007	4.931,899
4.	2008	5.556,717
5.	2009	5.531,268
6.	2010	6.750,764
7.	2011	7.269,019
8.	2012	7.084,790
9.	2013	6.894,767
10.	2014	7.232,787

Dari data impor di atas, kemudian dilakukan regresi linier untuk mendapatkan nilai kenaikan impor asam benzoat di Indonesia. Persamaan regresi linier dapat ditunjukkan dalam Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Data impor asam benzoat di Indonesia tahun 2005-2014

Dari regresi linier terhadap data impor asam benzoat didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$y = (294,26 x) - 585.178,53$$

Berdasarkan persamaan regresi linier di atas dapat diperoleh bahwa kebutuhan impor asam benzoat di Indonesia diperkirakan mengalami peningkatan dan pada tahun 2020 diperkirakan mencapai 9.226,67 ton/tahun.

### 1.2.2. Kapasitas Pabrik Asam Benzoat di Luar Negeri

Data kapasitas yang menguntungkan untuk produksi asam benzoat diperoleh berdasarkan literatur pabrik yang telah ada, yakni sebagai berikut:

Tabel 1.2. Kapasitas produksi asam benzoat di luar negeri (Kirk dan Othmer, 2004)

No	Produsen	Kapasitas (ton/tahun)
1.	<i>Kalama Chemical, Kalama, Washington</i>	80.000
2.	<i>Chatterton Petrochemical, Delta, B.C., Canada</i>	65.000
3.	<i>Velsicol Chemical, Chattanooga, Tennessee</i>	32.500

Berdasarkan tabel kapasitas produksi asam benzoat dan persamaan regresi linier kebutuhan impor asam benzoat di Indonesia pada tahun 2020, maka dalam

menentukan perencanaan produksi asam benzoat ini, ditetapkan kapasitas 45.000 ton/tahun dengan pertimbangan:

1. Dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan impor serta dapat mengeskpor sisa produk asam benzoat ke berbagai negara
2. Dapat memberikan keuntungan karena kapasitas perancangan masuk *range* kapasitas yang disyaratkan secara ekonomi menguntungkan

### **1.2.3. Ketersediaan Bahan Baku**

Dalam mendirikan suatu pabrik dan pemilihan proses serta bahan baku, perlu dipertimbangkan ketersediaan bahan baku di dalam negeri, hal ini ditujukan agar dapat memudahkan kinerja pabrik sehingga proses produksinya dapat berjalan dengan baik.

Bahan baku yang digunakan dalam memproduksi asam benzoat dipenuhi oleh beberapa perusahaan domestik maupun internasional, yakni sebagai berikut:

- Toluena sebagai bahan baku utama asam benzoat diperoleh dari PT. Trans Pasific Petrochemical Indotama (TPPI) yang memiliki kapasitas sebesar 100.000 ton/tahun
- Oksigen sebagai oksidator terdapat bebas di udara
- Katalis *Cobalt Acetate* dapat diperoleh dari Shanghai China

## **1.3. Lokasi Pabrik**

Letak geografis suatu pabrik mempunyai pengaruh besar terhadap keberhasilan perusahaan. Faktor yang dapat menjadi acuan dalam menentukan lokasi pabrik antara lain, penyediaan bahan baku, pemasaran produk, transportasi dan tenaga kerja. Berdasarkan tinjauan tersebut maka lokasi pabrik asam benzoat ini direncanakan untuk didirikan di daerah Tuban, Propinsi Jawa Timur, dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

### **1.3.1. Penyediaan Bahan Baku**

Bahan utama pembuatan asam benzoat adalah toluena dan udara, dimana udara dapat diperoleh dengan mudah dari sekeliling. Sedangkan toluena diperoleh

dari PT Trans Pasific Petrochemical Indotama, Tuban. Orientasi pemilihan ditekankan pada jarak lokasi sumber bahan baku dengan pabrik cukup dekat.

### **1.3.2. Pemasaran**

Asam benzoat merupakan bahan baku untuk industri lain seperti industri makanan yaitu sebagai bahan pengawet makanan dan industri farmasi yaitu sebagai antiseptik, bahan pembuatan fenol, kaprolaktam, glikol benzoat, sodium serta potassium benzoat. Kebutuhan asam benzoat yang selama ini masih diimpor dari luar negeri, akan terpenuhi dengan berdirinya pabrik ini di daerah Tuban, Jawa Timur. Jadi, pemasaran hasil produknya lebih mudah dengan lokasi yang strategis.

### **1.3.3. Transportasi**

Sarana transportasi sangat penting bagi suatu industri. Industri di daerah Tuban dekat dengan pelabuhan yang digunakan untuk keperluan ekspor-impor serta jalan raya dan jalan tol yang memadai, sehingga pelayanan pengangkutan bahan baku dan produk dapat dilakukan dengan mudah.

### **1.3.4. Tenaga Kerja**

Kawasan industri Tuban terletak di Jawa Timur yang syarat dengan lembaga pendidikan formal maupun non formal dimana banyak dihasilkan tenaga kerja ahli maupun non ahli, sehingga tenaga kerja mudah didapatkan dari penduduk setempat dan dapat juga dari daerah sekitar Jawa Timur.

### **1.3.5. Peraturan Pemerintah dan Daerah**

Menurut peraturan pemerintah dan peraturan daerah, Tuban merupakan kawasan industri, sehingga segala macam perijinan menjadi lebih mudah dan diharapkan dapat memberikan keuntungan tersendiri.

### **1.3.6. Utilitas**

Utilitas yang diperlukan seperti air, bahan baku dan tenaga listrik dapat dipenuhi karena lokasinya yang terletak di kawasan industri.

- Penyediaan air, untuk kebutuhan air minum dan sanitasi dapat dipenuhi oleh perusahaan penyedia jasa pemenuhan kebutuhan utilitas, sedangkan untuk kebutuhan proses menggunakan air sungai.
- Penyediaan tenaga listrik, diperoleh dari PLN dan generator pabrik.

### 1.3.7. Tanah dan Iklim

Daerah Tuban berada dalam daerah yang beriklim tropis, sehingga iklimnya relatif stabil begitu pula keadaan tanah yang cukup datar.

### 1.3.8. Keadaan Lingkungan Masyarakat

Keadaan masyarakat di lingkungan lokasi pabrik akan sangat mempengaruhi pendirian suatu pabrik. Berdasarkan pengamatan di sekitar lokasi pabrik sudah terdapat fasilitas-fasilitas yang memungkinkan karyawan hidup dengan layak.

## 1.4. Tinjauan Pustaka

### 1.4.1. Macam-Macam Proses

Asam benzoat dengan rumus kimia  $C_6H_5COOH$  merupakan senyawa organik golongan asam karboksilik aromatis yang dikenal juga sebagai asam benzena karboksilat.. Asam benzoat pertama kali digambarkan pada tahun 1618 oleh fisikawan Perancis, sedangkan strukturnya digambarkan oleh Wohler dan Liebig tahun 1832.

Ada tiga macam proses dalam pembuatan asam benzoat, yaitu (Mc Ketta, 1977):

1. Proses *Decarboxylasi phthalic anhydride*

Reaksi:



Dalam proses ini *phthalic anhydride* mengalami *decarboxylasi*, setelah direaksikan dengan *steam* dalam suatu *batch kettle* tertutup yang dilengkapi dengan pengaduk. Agar reaksi tersebut berjalan sempurna, maka ditambahkan katalis sebanyak 2-6% berat dari *phthalic anhydride* yang masuk reaktor. Katalis yang dipergunakan adalah *Sodium dichromate* yang mengandung sedikit nikel oksida dan disodium phtalat.

Mula-mula campuran *phthalic anhydride* dan katalis dalam reaktor dipanaskan sampai suhu di atas  $200^\circ C$  ( $473,15 K$ ), kemudian *steam* diinjeksikan sambil dilakukan pengadukan pada reaktor agar *steam*

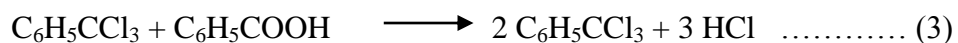
terdispersi merata. Untuk 100 bagian *phthalic anhydride* diperlukan *steam* dengan rata-rata 2-20 bagian/jam.

Karena reaksi bersifat eksoterm, maka diperlukan *reflux* kondensor untuk mengembalikan air, asam phtalat dan asam benzoat yang terbentuk. Gas yang keluar dari kondensor sebagian besar terdiri dari CO<sub>2</sub> dan sisanya adalah uap air dan asam benzoat.

Reaksi ini berlangsung beberapa saat, sampai kandungan *phthalic anhydride* kurang dari 5%. Asam benzoat yang diperoleh selanjutnya dipisahkan dengan cara distilasi. Hasil yang diperoleh pada proses ini sebesar 80-85% dari *phthalic anhydride* yang ada.

## 2. Proses hidrolisis benzotriklorida

Reaksi:



Toluena diklorinasi dengan bantuan sinar matahari pada 100-150°C (373,15-423,15 K) sampai berat jenis larutan tersebut mencapai 1,375 sampai 1,385 gr/cm<sup>3</sup> pada suhu 20°C (293,15 K) untuk menghasilkan benzotriklorida kasar.

Sebagian kecil alkali dapat ditambahkan pada hasil reaksi untuk menetralkan sebagian sisa HCl yang biasanya diabsorpsi dalam air untuk mendapatkan asam klorida.

Benzotriklorida dan katalisator yang telah dimurnikan kemudian diumpankan pada hidrolisis tingkat I, yang bereaksi dengan asam benzoat membentuk *benzoyl chloride*. Penghidrolisis II dibagi menjadi dua aliran, yang satu dikembalikan ke hidrolisator I untuk menghasilkan *benzoyl chloride* yang lebih banyak dan yang lainnya dimurnikan atau untuk membuat asam benzoat. Asam benzoat yang dihasilkan sebesar 74-80% berat benzotriklorida.

### 3. Proses oksidasi toluena

Reaksi:



Toluena dan katalis *cobalt naphthenate* dialirkan ke dalam reaktor lewat atas, bersamaan dengan itu dialirkan udara dari kompresor lewat bawah reaktor.

Reaksi ini terjadi dalam reaktor yang beroperasi pada suhu 136-160°C (409,15-433,15 K) dan tekanan 2-7 atm. Setelah konversi reaksi 50% dicapai, kemudian dialirkan ke dalam menara distilasi, dimana toluena yang tidak bereaksi dilewatkan dekanter untuk memisahkan toluena dan air sebelum dikembalikan ke reaktor. Sedangkan hasil bawah menara distilasi dialirkan ke kristalizer untuk memperoleh kristal asam benzoat.

#### 1.4.2. Kegunaan Produk

Asam benzoat digunakan sebagai bahan pengawet makanan dan bahan dalam bidang farmasi, yaitu sebagai antiseptik, obat-obatan dermatologi, dan iritasi. Secara komersil asam benzoat digunakan pada berbagai macam industri, di antaranya (Kirk dan Othmer, 1989):

- a. Digunakan pada industri farmasi, yaitu sebagai *ingredient* dalam bahan campuran atau tambahan sebagai *flavouring agent*, juga sebagai bahan intermediet pembuatan obat-obatan (misalkan *antiseptic*, asam salisilat, dll).
- b. Pada industri makanan digunakan sebagai pengawet makanan (pembuatan saus, margarin, keju, sari apel, sirup) dan industri minuman sebagai bahan tambahan dan *odorant*.
- c. Pada industri kosmetik sebagai *flavouring agent* (bahan pembuatan pasta gigi)

Menurut Siaka, asam benzoat sering digunakan sebagai bahan pengawet makanan karena dapat menghambat pertumbuhan mikroba yang dapat menyebabkan kerusakan bahan makanan, seperti pembusukan. Mekanisme penghambatan mikroba oleh asam benzoat yaitu mengganggu permeabilitas



membran sel, struktur sistem genetik mikroba, dan mengganggu enzim intraseluler. Benzoat yang umum digunakan adalah benzoat dalam bentuk garamnya karena lebih mudah larut dibanding asamnya. Dalam bahan makanan, garam benzoat terurai menjadi bentuk efektif yaitu bentuk asam benzoat yang tidak terdisosiasi. Bentuk ini mempunyai efek racun pada pemakaian berlebih terhadap konsumen, sehingga pemberian bahan pengawet ini tidak melebihi 0,1% dalam bahan makanan. Apabila tubuh mengkonsumsi bahan pengawet asam benzoat secara berlebihan dapat mengganggu kesehatan, terutama menyerang saraf sehingga hanya boleh dikonsumsi 6-8 gram dalam sehari.

### 1.4.3. Sifat Bahan Baku dan Produk

#### 1.4.3.1. Bahan Baku

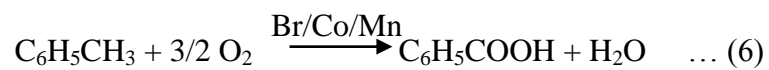
##### 1.4.3.1.1. Toluena

a. Sifat fisis (Kirk dan Othmer, 2004; Kirk dan Othmer, 1989; Perry, 1984):

– Berat molekul, g/mol	= 92,14
– Rumus molekul	= $C_6H_5CH_3$
– Flash point, °C	= 4,85
– Titik lebur, °C	= -95
– Titik didih, °C	= 110,6
– Temperatur kritis, °C	= 318,65
– Tekanan kritis, MPa	= 4,108
– Volume kritis, L/(mol)	= 0,316
– Keadaan cair pada 25 °C	
Densitas, L/mol	= 9,38
Cp, J/(mol.K)	= 156,5
Konduktivitas thermal, W/(m.K)	= 0,133
– Panas penguapan, kJ/mol	= 33,59
– Panas pembentukan, kJ/mol	= 50,17
– Panas pembakaran, kJ/mol	= -3734
– Kelarutan dalam air	= 0,05

b. Sifat Kimia (Kirk dan Othmer, 1989)

- Reaksi hidrogenasi dengan katalis nikel, platinum atau palladium dapat menjenuhkan cincin aromatik sebagian maupun keseluruhan, menghasilkan benzena, metana dan bifenil.
- Reaksi oksidasi, dengan katalis kobalt, mangan atau bromide pada fase cair menghasilkan asam benzoat.



- Reaksi substitusi oleh metal pada temperature tinggi dan reaksi radikal bebas. Klorinasi pada 100°C atau dengan ultraviolet membentuk benzyl klorida, benzal klorida dan benzotriklorida.
- Reaksi substitusi oleh logam alkali menghasilkan normal-propil benzene, 3-fenil pentane, dan 3-etil-3-fenil pentane.

1.4.3.1.2. Udara

O<sub>2</sub> sebagai zat pengoksidasi yang diperoleh dari udara bebas, dimana bahan baku udara yang dipakai mempunyai komposisi:

- 21% mol O<sub>2</sub>
- 79% mol N<sub>2</sub>

a. Sifat kimia udara (Kirk dan Othmer, 1989)

Oksigen bereaksi dengan semua elemen kecuali dengan gas-gas seperti He, Ne, dan Rn. Bahan baku yang dibakar dengan oksigen menghasilkan produk yang berupa panas, CO<sub>2</sub>, air dan sisa udara (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>). Pada suhu rendah dan dengan adanya katalis, oksigen bereaksi dengan bahan kimia organik menghasilkan hidrokarbon teroksida.

b. Sifat fisis udara

Tabel 1.3. Sifat fisis udara (Kirk dan Othmer, 2004)

Sifat gas	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Berat molekul, g/mol	28,0134	32
Organoleptis	Gas Tidak berwarna Tidak berbau	Gas Tidak berwarna Tidak berbau
Titik leleh, °C	-209,86	-218,93
Titik didih, °C	-195,8	-182,962
Temperatur kritis, °C	-146,95	-118,569
Tekanan kritis, Mpa	3,39908	5,043
Berat Jenis	12,5	1,7
Volume kritis (cm <sup>3</sup> /mol)	90,1	73,4
Densitas cairan, g/cm <sup>3</sup>	805	1149

1.4.3.1.3. Katalis *Cobalt Acetate*

a. Sifat-sifat katalis (MSDS *cobalt acetate*, 2013):

- Rumus molekul = Co(CH<sub>3</sub>COO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>
- Berat molekul, g/mol = 249,08
- Densitas, g/cm<sup>3</sup> = 1,71
- *Melting point*, K = 100

**1.4.3.2. Produk**

Dari proses ini menghasilkan produk asam benzoat dimana sifat-sifat asam benzoat meliputi:

a. Sifat fisis (Kirk dan Othmer, 2004; Perry, 1984)

- Berat molekul, g/mol = 122,123
- Rumus molekul = C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH
- Densitas (padat), g/m<sup>3</sup> = 1,316
- Viskositas pada 130 °C (cP) = 1,26
- Titik didih, °C = 249,2

- Titik lebur, °C	= 122,37
- Panas peleburan, J/g	= 1,774
- Panas pembakaran, kJ/mol	= 147
- Panas pembentukan (padat), kJ/mol	= -385
- Panas penguapan pada 140 °C, J/g	= 534
- Kelarutan dalam air	= 0,2
- Kemurnian	= min 99%
- Impuritas air	= max 0,7%
- Warna	= putih
- Bau	= tidak berbau
- Fase	= padat

b. Sifat kimia (Kirk dan Othmer, 1989)

- Hidrogenasi asam benzoat menjadi kaprolaktam dengan katalis nikel dan direaksikan dengan  $\text{NOHSO}_4$ .
- Oksidasi asam benzoat menjadi fenol dengan katalis tembaga.
- Garam potassium dari asam benzoat direaksikan dengan  $\text{CO}_2$  pada kenaikan suhu dan tekanan dapat membentuk asam terephthalat.

### 1.5. Tinjauan Proses Secara Umum

Proses pembuatan asam benzoat dari reaksi toluena dengan udara, dimana kondisi reaktan toluena berupa cairan dan udara berupa gas.

Reaksi (Faith Keyes dan Clark, 1975):



Menurut Mc.Ketta (1977), reaksi oksidasi toluena terjadi dalam reaktor gelembung dengan kondisi operasi suhu 136-160°C dan tekanan 2-7 atm. Katalis yang digunakan dalam reaksi ini adalah *cobalt acetate*. Toluena dan katalis dialirkan ke dalam reaktor lewat atas bersamaan dengan itu dialirkan udara dari kompresor lewat bawah reaktor.

Setelah konversi reaksi 50% dicapai campuran reaksi dimasukkan ke dalam menara distilasi, dimana toluena yang tidak bereaksi dilewatkan dekanter sebelum dikembalikan ke reaktor. Sedangkan hasil bawah menara distilasi dialirkan ke kristalizer untuk memperoleh kristal asam benzoat.