

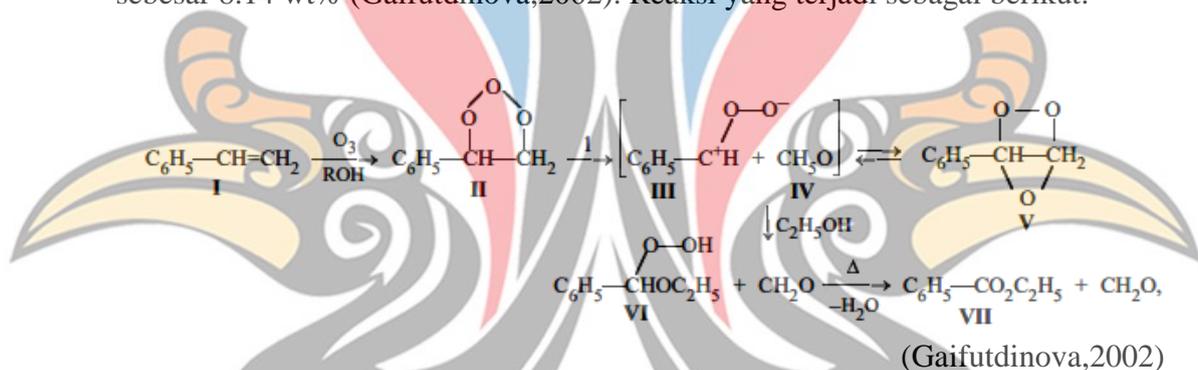
**BAB II**  
[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)  
**STUDI KELAYAKAN AWAL**

**2.1 Seleksi Proses**

**2.1.1 Seleksi Proses Etil Benzoat**

**2.1.1.1 Proses Ozonolisis stirena dengan Etanol**

Pembuatan etil benzoat dilakukan dengan mengozonolisis stirena dan dibutuhkan etanol sehingga akan menghasilkan etil benzoat. Jumlah perbandingan molar kebutuhan stirena terhadap etanol sebesar 1:1,5. Stirena dikontakkan dengan ozon menghasilkan molozonida. Molozonida terdekomposisi pada suhu 90-100 °C selama 2 sampai 4 jam. Kemudian didapatkan produk berupa etil benzoat dan di distilasi pada suhu 68 °C untuk memurnikan produk. Katalis yang digunakan ialah KOH. Konversi yang dihasilkan mencapai 80,60% dan *yield* yang dihasilkan sebesar 8.14 wt% (Gaifutdinova,2002). Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



**2.1.1.2 Reaksi Antara Metil Benzoat dan Etanol**

Pembuatan Etil Benzoat dapat dilakukan dengan cara mereaksikan metil benzoat dan etanol. Perbandingan umpan masuk reaktor antara asam benzoat dengan etanol adalah 1:6,2. Reaksi berlangsung pada suhu 65 C dan tekanan 1,5 atm. Reaksi ini tidak memerlukan katalisator, sehingga untuk mencapai kesetimbangan diperlukan waktu yang lama. Konversi maksimal hanya mencapai 53%. Reaksi yang dihasilkan sebagai berikut:



(Ulmann,2003)

### 2.1.1.3 Proses Esterifikasi Asam Benzoat dengan Etanol

Pembentukan Etil Benzoat dengan esterifikasi berlangsung di dalam reaktor CSTR dengan suhu 140°C dan tekanan 1 atm. Reaksi esterifikasi dapat memberikan konversi yang tinggi dengan menggunakan reaktan berlebih yaitu etanol. Konversi yang dihasilkan mencapai 96%. Katalis yang digunakan adalah Asam Sulfat. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah:



(Pipus, 2000)

**Tabel 2. 1** Macam-macam proses pembuatan etil benzoat

Parameter	Ozonolisis stirena dengan Etanol	Reaksi Antara Metil Benzoat dan Etanol	Esterifikasi Asam Benzoat dengan Etanol
Bahan Baku	Stirena dan Etanol	Metil benzoat dan etanol	Asam benzoat dan etanol
Konversi	80,60%	53%	96%
<i>Byproduct</i>	Benzaldehid	Metanol	Air
Katalis	KOH	-	Asam Sulfat
Proses	Berlangsung secara <i>batch</i>	Membutuhkan bahan baku berupa ester, proses berlangsung secara kontinyu	Proses sederhana, karena bahan baku mudah didapat. Proses berlangsung secara kontinyu

Dari perbandingan ketiga proses diatas digunakan proses esterifikasi asam benzoat dengan etanol karena: [www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

1. Konversi yang dihasilkan cukup besar mencapai 96%
2. Bahan baku mudah didapat dan proses berlangsung secara kontinyu
3. Tidak membutuhkan biaya yang besar
4. Proses relatif sederhana

### 2.1.2 Seleksi Proses Asam Benzoat

Karena dipilihnya proses esterifikasi, maka diperlukan seleksi proses untuk pembuatan asam benzoat yang berperan sebagai bahan baku pembuatan etil benzoat. Asam benzoat diketahui susah untuk didapatkan sehingga perlu adanya sintesis asam benzoat secara mandiri di pabrik yang akan didirikan.

#### 2.1.2.1 Proses Hidrolisis Benzotriklorida

Untuk menghasilkan benzotriklorida, toluena diklorinasi pada rentang suhu 100°C hingga 150°C dan tekanan <20 psia. Pada proses ini menghasilkan *byproduct* berupa HCl. HCl dapat dinetralkan dengan menambahkan alkali. Kemudian, benzotrichlorida yang telah didapatkan didistilasi lalu dialirkan ke reaktor *hidrolizer*. Reaktor *hidrolizer* digunakan untuk mereaksikan benzotriklorida dengan uap air. Hasil dari *hidrolizer* adalah asam benzoat berupa *liquid* yang akan dimurnikan dengan bantuan kolom distilasi. *Yield* yang diperoleh mencapai 75-80%



(Ulmann, 2003)

### 2.1.2.2 Proses Dekarboksilasi *Phthalic Anhydride*

*Phthalic Anhydride* mengalami dekarboksilasi saat berada pada ketel tertutup. Agar reaksi berjalan dengan baik, ditambahkan katalis berupa sodium karbonat atau campuran kromium dan disodium *phthalate*. *Phthalic Anhydride* dicampurkan dengan katalis di dalam reactor dengan dipanaskan mencapai 200-400°C dan tekanan yang digunakan >200 atm. Sembari dilakukan pengadukan steam diinjeksi ke reaktor agar *phthalic anhydride* terdispersi sempurna. Produk atas berupa CO dan uap air, sedangkan produk bawah berupa asam benzoat dan katalis. Asam benzoat kemudian dimurnikan dengan cara sublimasi. Asam benzoat yang diperoleh mencapai 80-85% dari *phthalic anhydride*. *Yield* proses ini mencapai 85%.



(Ulmann,2003)

### 2.1.2.3 Proses Oksidasi Toluena

Toluen dan katalis dialirkan menuju reaktor, bersamaan dengan udara. Reaksi pada reaktor menggunakan suhu 150-200°C dan tekanan 5-50 atm. Panas dari reaksi dapat dihilangkan dengan menggunakan jaket *cooling autoclave*. Campuran reaksi kemudian dialirkan menuju kolom destilasi, pada bagian ini asam benzoat akan terpisah dengan toluena. Asam benzoat kemudian dialirkan menuju tangki pencampur. Selektivitas yang dihasilkan mencapai 80-90%.



(Mc Ketta, 1977)

Tabel 2. 2 Macam-macam proses pembuatan asam benzoat

Parameter	Hidrolisis <i>Benzotrichloride</i>	Dekarboksilasi <i>Phthalic Anhydride</i>	Oksidasi Toluena
Bahan Baku	Toluena & <i>Chlorine</i>	<i>Phthalic Anhydride</i>	Toluena dan Oksigen
Suhu operasi	100-150°C	200-400°C	150-200°C
Tekanan operasi	1,36 atm	200 atm	5 atm
<i>Yield</i>	75-80%	80-85%	90%
<i>Byproduct</i>	HCl	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
Proses	Bersifat korosif, dan <i>byproduct</i> yang tidak ramah lingkungan	Memerlukan katalis yang besar, sehingga membutuhkan biaya yang cukup besar	Proses berjalan sederhana, karena bahan baku murah dan mudah didapat

Dari perbandingan ketiga proses pembuatan asam benzoat diatas, maka dipilihlah proses oksidasi toluena karena:

1. Bahan baku yang digunakan mudah untuk didapatkan dan tersedia di alam
2. Berjalan pada suhu dan tekanan yang tidak terlalu tinggi, sehingga tidak membutuhkan biaya besar
3. Proses relatif sederhana
4. *Byproduct* berupa H<sub>2</sub>O tidak menimbulkan limbah pada lingkungan

## 2.2 Deskripsi Proses

### 2.2.1 Proses Oksidasi Toluena

Deskripsi proses Oksidasi Toluena dibagi menjadi 3 tahap, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemurnian produk

#### 2.2.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Toluena kemurnian 98% dengan suhu 30°C dialirkan menuju tangki pencampur (M-101) bersama dengan katalisnya yaitu cobalt asetat. Hasil *recycle* dari produk sebelumnya yaitu berupa toluena, asam benzoat, benzil alkohol, benzena, air dan katalis dialirkan pula menuju tangki pencampur kembali (M-101). Udara sebagai oksidator diperoleh dari udara bebas yang terlebih dahulu mengalami pengolahan. Udara terlebih dahulu difilter dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran (debu) yang terkandung dalam udara. Dan melalui *heater* untuk menaikkan suhu udara (HE-102). Kemudian udara digelembungkan dalam reaktor (R-201)

#### 2.2.1.2 Tahap Reaksi

Air, toluena, cobalt dan *recycle* dari proses sebelumnya dicampurkan pada tangki pencampur (M-101) kemudian menuju *heater* (HE-101) yang fungsinya untuk menaikkan suhu toluena dan *recycle* toluena sebelum masuk ke reaktor. Hasil dari tangki pencampur berupa air, toluena, kobalt asetat, asam benzoat, benzil alkohol dan benzena dialirkan menuju reaktor (R-201). Di dalam reaktor terjadi reaksi oksidasi antara campuran yang didapatkan dari tangki pencampur dengan udara berupa oksigen dan nitrogen. Proses berlangsung secara eksotermis dengan suhu reaksi 160°C dan tekanan operasi 4 atm. Hasil atas reaktor berupa oksigen, dan nitrogen. Hasil bawah dari reaktor berupa air, toluena, benzil alkohol, asam benzoat, cobalt dan benzena diturunkan tekanannya terlebih dahulu kemudian dilanjutkan menuju ke *Flash Drum* (FD-301).

### 2.2.1.3 Tahap Pemurnian Produk

Hasil bawah yang didapatkan dari reaktor kemudian menuju *flash drum* (FD-301) yang berfungsi untuk memisahkan fase cair asam benzoat dari campuran gasnya. Produk atas dari *flash drum* kemudian di kondensor (HE-301). kembali menuju tangki pencampur. Kemudian dialirkan menuju dekanter (D-301) dan didapatkan asam benzoat sudah terpisah dengan pengotornya.

Produk dekanter berupa katalis cobalt asetat kemudian di *recycle* kembali menuju tangki pencampur (M-101). Kemudian hasil berupa *light key* adalah *byproduct* dari asam benzoat yaitu benzil alkohol dengan pengotornya. *Byproduct* ini kemudian disimpan pada tangki penyimpanan (ST-301) untuk dijual.

### 2.2.2 Proses Esterifikasi Asam Benzoat dengan Ethanol

Deskripsi proses Esterifikasi Asam Benzoat dengan Ethanol dibagi menjadi 3 tahap, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembuatan
3. Tahap pemisahan dan pemurnian produk

#### 2.2.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Etanol pada tangki penyimpanan (ST-103) yang bersuhu 30°C dan tekanan 1 atm, katalis reaksi berupa asam sulfat, produk *recycle* dari *flash drum* (FD-302) dan asam benzoat yang berasal dari dekanter dialirkan menuju reaktor alir berpengaduk (R-202).

### 2.2.2.2 Tahap Pembuatan

Reaksi yang terdapat di dalam reaktor terjadi antara etanol, asam benzoat dan katalis yaitu asam sulfat. Reaktor yang digunakan berjenis CSTR (R-202) dengan kondisi operasi suhu 140°C dan tekanan 1 atm. Didapatkan hasil dari reaktor berupa etanol, asam benzoat, etil benzoat, asam sulfat, dan air. Kemudian hasil dari reaktor diteruskan ke netralizer. Netralizer (N-201) berfungsi untuk menetralkan katalis dan asam benzoat dengan menambahkan basa berupa NaOH. Kondisi operasi pada suhu 70°C dan tekanan yang digunakan 1 atm. Hasil dari netralizer berupa etanol, etil benzoat, air, natrium sulfat

### 2.2.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Tahap pemurnian dimulai dengan menggunakan *Hydrocyclone* (HC-301). Kemudian dengan bantuan *hydrocyclone* dapat memisahkan antara produk berupa cairan dan padatan. Hasil berupa padatan natrium benzoat, dan natrium sulfat kemudian diteruskan menuju tangki penyimpanan (ST-303). Karena berupa padatan terpisah 100% maka campuran dari *hydrocyclone* diteruskan menuju filter (F-301) dimana padatan akan benar-benar terpisah dan padatan akan disimpan pada tangki penyimpanan. Padatan berupa natrium benzoat dan natrium sulfat yang disimpan kemudian akan dijual.

Kemudian untuk meningkatkan kemurnian pada etil benzoat dan memisahkannya dengan toluena digunakan *Flash Drum* (FD-302). Hasil dari *flash drum* didapatkan hasil bawah berupa etil benzoat yang mencapai kemurnian 96% dan kemudian dialirkan menuju tangki penyimpanan etil benzoat (ST-302). Kemudian hasil atas *flash drum* (FD-302) berupa campuran toluena, air dan etil benzoat *direcycle* kembali menuju tangki pencampuran melalui kondensor (HE-302).

## 2.3 Spesifikasi Bahan dan Produk

### 2.3.1 Bahan Baku [www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

#### 2.3.1.1 Toluena

Toluena merupakan senyawa yang biasa digunakan sebagai pelarut.

##### a. Sifat Fisik

**Tabel 2. 3** Sifat fisik toluena

Rumus Molekul	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>
Berat Molekul	92,14 g/mol
<i>Boiling Point</i>	110,629°C
<i>Melting Point</i>	-94,965°C
<i>Flash Point</i>	4,4°C
Densitas	0,865 gr/cm <sup>3</sup>
Temperatur kritis	318,64°C
Fase	Cair
Warna	Tidak berwarna
Kemurnian	98%
Impuritas	Benzena
<i>Supplier</i>	PT PERTAMINA RU IV CILACAP

##### b. Sifat Kimia

Toluena apabila bereaksi dengan oksigen dan bantuan katalis dapat menghasilkan asam benzoat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



#### 2.3.1.2 Udara

**Tabel 2. 4** Sifat fisik udara

Rumus Molekul	H <sub>2</sub> O
Fase	Gas
Komposisi	21% mol O <sub>2</sub> dan 79% mol N <sub>2</sub>

Berat Molekul	28,86 kg/kmol
Kelembaban Relatif	70%
Kelembaban Absolut	0,018 kg H <sub>2</sub> O/kg udara kering

### 2.3.1.3 Cobalt Asetat

**Tabel 2. 5** Sifat fisik cobalt asetat

Rumus Molekul	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> CoO <sub>4</sub>
Berat Molekul	177 g/mol
<i>Melting Point</i>	289 °C
<i>Melting Point</i>	140 °C
Fase	Padat
Densitas	1,7 g/cm <sup>3</sup>
<i>Supplier</i>	<i>American Elements</i> Hongkong

### 2.3.1.4 Etanol

#### a. Sifat Fisika

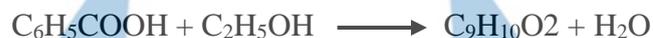
Etanol adalah cairan tak berwarna yang mudah menguap dan memiliki aroma yang cukup khas.

**Tabel 2. 6** Sifat fisik etanol

Rumus Kimia	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
Berat Molekul	46,068 g/mol
Densitas	0,7893 g/cm <sup>3</sup>
<i>Melting Point</i>	-114,14°C
<i>Boiling Point</i>	78,29°C
Fase	Cair
Kemurnian	95%
Impuritas	Air
<i>Supplier</i>	PT Indo Lampung Distillery

## b. Sifat Kimia

Etanol apabila bereaksi dengan asam benzoat dengan bantuan katalis dapat menghasilkan produk turunan asam benzoat yaitu etil benzoat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



### 2.3.1.5 Katalis $\text{H}_2\text{SO}_4$

Tabel 2. 7 Sifat fisik  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Rumus Kimia	$\text{H}_2\text{SO}_4$
Berat Molekul	98,08 g/mol
Densitas	1,84 g/cm <sup>3</sup>
Fase	Cair
Boiling Point	288°C
Kelarutan	Larut dalam Etanol
Warna	Tidak Berwarna
Supplier	PT Petrokimia Gresik

### 2.3.1.6 Natrium Hidroksida

Tabel 2. 8 Sifat fisik natrium hidroksida

Rumus Molekul	NaOH
Berat Molekul	40 g/mol
<i>Boiling Point</i>	1388 °C
Densitas	2,13 gr/cm <sup>3</sup>
Temperatur kritis	2547 °C
Fase	Cair
Kemurnian	48%
Impuritas	Air
Supplier	PT Asahimas Chemical

## 2.3.2 Produk

### 2.3.2.1 Etil Benzoat [www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

#### a. Sifat Fisik

**Tabel 2. 9** Sifat fisik etil benzoat

Rumus Kimia	$C_9H_{10}O_2$
Berat Molekul	150,18 gr/mol
Densitas	1,045 g/cm <sup>3</sup>
Fase	Cair
Boiling Point	212°C
Flash Point	88°C
Kemurnian	96%
Impurities	Air dan Etanol

#### b. Sifat Kimia

Etil benzoat merupakan senyawa yang bersifat higroskopis yaitu dapat menyerap molekul air yang berada di udara, sehingga etil benzoat harus disimpan dalam keadaan tertutup dan tidak berkontak langsung dengan udara.

#### 2.3.2.2 Air

**Tabel 2. 10** Sifat kimia air

Rumus Kimia	$H_2O$
Berat Molekul	18,0134 g/mol
Densitas	1 g/cm <sup>3</sup>
Boiling Point	100°C
Fase	Cair
Viskositas	1 cp
Warna	Tidak Berwarna
Bau	Tidak Berbau

### 2.3.2.3 Asam Benzoat

Tabel 2. 11 Sifat kimia asam benzoat

Rumus Molekul	$C_6H_5COOH$
Fase	Cair
Berat Molekul	122,12 kg/kgmol
Titik Didih	249,2°C
Densitas	1,316 kg/L

### 2.3.2.4 Benzil alkohol

Tabel 2. 12 Sifat fisik benzil alkohol

Rumus Molekul	$C_6H_5CH_2OH$
Wujud	Cair
Berat Molekul	108,5 g/mol
Titik Didih	205 C
Titik Beku	-15 C
Densitas	1,04 g/cm <sup>3</sup>
Impuritas	Toluena, air, Benzena