

## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

#### 3.1 Uraian Proses

Proses pembuatan *Diethyl Phthalate* dari bahan baku etil alkohol dan *phthalic anhydride* dapat dibagi menjadi 3 tahap, yaitu sebagai berikut:

##### 1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa etanol ( $C_2H_5OH$ ) pada tangki penyimpanan (T-01) dan *Phthalic Anhydride* ( $C_8H_4O_3$ ) pada Silo (S-01) disimpan pada suhu  $30^\circ C$  dan tekanan 1 atm. Etanol dialirkan dengan menggunakan pompa (P-01) dan *Phthalic Anhydride* diangkut dengan menggunakan *Srew Conveyer* (SC-01) menuju Tangki Reaktor (R-01).

##### 2. Tahap Reaksi

Etanol dan *Phthalic Anhydride* diumpankan ke dalam reaktor alir tangka berpengaduk (R-01) pada  $T = 30^\circ C$  dan  $P = 1$  atm, dimana reaksi terjadi secara eksotermis dan dijaga pada suhu operasi  $120^\circ C$  sehingga untuk menjaga kondisi operasi isothermal, Reaktor (R-01) dilengkapi dengan koil pendingin. Katalis  $H_2SO_4$  (Asam Sulfat) yang berasal dari tangka penyimpanan (T-02) dimasukkan ke dalam Reaktor yang berfungsi untuk mempercepat reaksi esterifikasi yang menghasilkan produk berupa *Diethyl Phthalate* ( $C_6H_4(COOC_2H_5)_2$ ). Komposisi keluar Reaktor (R-01) terdiri dari etanol, *monoethyl phthalate* yang merupakan hasil intermediet antara *Phthalic Anhydride* dan etanol, *Diethyl Phthalate* sebagai produk utama, air, dan asam sulfat. Produk keluaran reaktor tersebut harus dilakukan

penetralkan karena adanya katalis asam yang digunakan sehingga dialirkan ke dalam Netralizer (N-01).

### 3. Proses Pemurnian Produk

Produk keluaran Reaktor (R-01) dinetralkan masuk ke dalam Netralizer (N-01) pada kondisi  $T = 40^{\circ}\text{C}$  dan  $P = 1 \text{ atm}$ . Sebelum itu, keluaran dari reaktor perlu didinginkan menggunakan *Cooler* (CL-01). Di dalam Netralizer, produk dinetralkan dengan cara penambahan NaOH 50% sehingga berikatan dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (katalis) dan menjadi larutan garam  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Setelah dinetralkan dalam Netralizer (N-01), maka hasil keluaran Netralizer terdiri dari etanol, *monoethyl phthalate*, *Diethyl Phthalate*, air dan natrium sulfat. Hasil keluaran Netralizer dipisahkan di dalam dekanter (D-01), produk dipisahkan antara fase berat dengan fase ringan berdasarkan densitas dan kelarutannya terhadap air. Fase ringan dialirkan ke Menara Distilasi (MD-01) untuk dimurnikan kembali, sedangkan fasa anorganik dialirkan ke Unit Pengolahan Lanjut (UPL).

Fase ringan yang dialirkan ke Menara Distilasi (MD-01) dipanaskan terlebih dahulu di dalam pemanas (HE-01) sampai mencapai kondisi  $T = 291^{\circ}\text{C}$  dan  $P = 1 \text{ atm}$ . Didalam Menara Distilasi, produk dipisahkan berdasarkan titik didihnya. Hasil bawah Menara Distilasi-01 terdiri dari *monoethyl phthalate* dan *Diethyl Phthalate* dengan kemurnian produk 99%, sedangkan hasil atas Menara Destilasi dialirkan ke Unit Pengolahan Lanjut (UPL).

### 3.2 Spesifikasi Alat Proses

#### 1. Storage *Phthalic Anhydride* (S-01)

Fungsi : Menyimpan bahan baku *Phthalic Anhydride*

Jenis : Silo *Silinder* vertical dengan alas berbentuk kerucut selama 14 hari

Jumlah : 1 unit

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel*

Kondisi Operasi

- Suhu : 30 °C

- Tekanan : 1 atm

Diameter Tangki : 8,3595 m

Tinggi Tangki : 10,5705 m

Tebal Shell : 2,25 in

Design Alas

- Sudut Alas : 10 degree

- Tebal *head* : 2 in

Harga : \$ 154.800



## 2. Tangki Penyimpanan

**Tabel 3.1** Spesifikasi Tangki Penyimpanan

No	Spesifikasi	Nama Alat			
		T-01	T-02	T-03	T-04
1	Fungsi	Menyimpan bahan baku etanol selama 14 hari	Menyimpan bahan baku asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) selama 14 hari	Menyimpan NaOH selama 14 hari	Menyimpan produk yaitu <i>Diethyl Phthalate</i> (DEP) selama 14 hari
2	Jenis	Silinder	Silinder	Silinder	Silinder
3	Jumlah	1 unit	1 unit	1 unit	1 unit
4	Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
5	Kondisi operasi : Suhu : Tekanan :	30°C 1 atm	30°C 1 atm	30°C 1 atm	30°C 1 atm
6	Diameter	3,0480 m	3,0480 m	3,0480 m	3,0480 m
7	Tinggi	1,8288 m	1,8288 m	1,8288 m	1,8288 m
8	Tebal Shell - <i>Course 1</i> :	0,1875 in	0,1875 in	0,1875 in	0,1875 in
9	Desain atap Jenis :	<i>Conical Dished Head</i>	<i>Conical Dished Head</i>	<i>Conical Dished Head</i>	<i>Conical Dished Head</i>
10	Sudut atap : Tebal head: Tinggi head :	8 degree 0,1875 in 0,2142 in	8 degree 0,1875 in 0,2142 in	8 degree 0,1875 in 0,2142 in	8 degree 0,1875 in 0,2142 in
11	Harga	\$ 27.500	\$ 15.200	\$ 15.500	\$ 25.400

### 3. Mixer (M-01)

Fungsi : Mencampurkan bahan baku *Phthalic Anhydride* dengan etanol sebelum dialirkan menuju reaktor (R-01)

Jenis : Tangki *Silinder* Tegak

Bahan Kontruksi : *Stainless Steel*

Jumlah : 1 Unit

Kondisi Operasi

- Suhu : 30 °C

- Tekanan : 1 atm

Dimensi

- Diameter : 2,0049 m

- Tebal head : 0,2500 in

- Tebal Shell : 0,1875 in

- Tinggi : 2,5367 m

Pengaduk

- Diameter Pengaduk : 0,7070 m

- Tinggi Pengaduk : 0,1414 m

- Lebar Penngaduk : 0,1767 m

- Lebar bafle : 0,1767 m

- Jarak Pengaduk : 0,7070 m

- Kecepatan Putar : 100 rpm

- Power Pengaduk : 7,5 Hp

Tebal isolator : 5 cm

Harga : \$ 596.400

#### 4. Reaktor (R-01)

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara *Phthalic Anhydride* dan etanol dengan bantuan katalis  $H_2SO_4$

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Bahan Kontruksi : *Stainless Steel*

Jumlah : 1 Unit

Kondisi Operasi

- Suhu : 120 °C

- Tekanan : 1 atm

Dimensi

- Diameter : 1,9812 m

- Tebal head : 0,2500 in

- Tebal Shell : 0,1875 in

- Tinggi : 2,7685 m

Pengaduk

- Diameter Pengaduk : 0,6572 m

- Tinggi Pengaduk : 0,1314 m

- Lebar Penngaduk : 0,1643 m

- Lebar baffle : 0,1643 m

- Jarak Pengaduk : 0,6572 m

- Kecepatan Putar : 190 rpm

- Power Pengaduk : 60 Hp

*Coil Pendingin*

- Diameter
  - ID : 2,469 in
  - OD : 2,88 in

- Jumlah Lilitan : 17 lilitan
- Tinggi Tumpukan *Coil* : 1,4036 m

Tebal isolator : 5 cm

Harga : \$ 308.900

**5. Neutralizer (N-01)**

Fungsi : Menetralkan Katalis  $H_2SO_4$  dengan NaOH

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Bahan Kontruksi : *Stainless Steel*

Jumlah : 1 Unit

Kondisi Operasi

- Suhu : 40 °C

- Tekanan : 1 atm

Dimensi

- Diameter : 1,4946 m

- Tebal head : 0,1875 in

- Tebal Shell : 0,1875 in

- Tinggi : 2,1072 m

Pengaduk

- Diameter Pengaduk : 0,4982 m
- Tinggi Pengaduk : 0,0996 m
- Lebar Pengaduk : 0,1245 m
- Lebar baffle : 0,1245 m
- Jarak Pengaduk : 0,4982 m
- Kecepatan Putar : 155 rpm
- Power Pengaduk : 150 HP

Tebal isolator : 5 cm

Harga : \$ 245.700

#### 6. Dekanter (D-01)

Fungsi : Memisahkan *Diethyl Phthalate* dari campurannya berdasarkan kelarutan dan massa jenisnya.

Jenis : *Horizontal Silinder*

Jumlah : 1 Unit

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel*

Kondisi Operasi

- Suhu : 40 °C

- Tekanan : 1 atm

Dimensi

- Diameter : 0,8581 m

- Panjang : 2,5742 m

- Tebal Shell : 0,1875 in



-	Tebal Head	: 0,1875 in
	Tebal isolator	: 5 cm
	Harga	: \$ 45.000

### 7. Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi : Memurnikan produk *Diethyl Phthalate*

		menjadi 99%
Jenis		: <i>Sieve Tray</i>
Bahan		: <i>Carbon Steel</i>
Jumlah		: 1 Unit
Kondisi Operasi		
-	Umpan	
	Suhu	: 291,12 °C
	Tekanan	: 1 atm
-	<i>Top</i>	
	Suhu	: 281,87 °C
	Tekanan	: 1 atm
-	<i>Bottom</i>	
	Suhu	: 294,36 °C
	Tekanan	: 1 atm

#### Dimensi Menara Distilasi

-	Diameter Menara	
	<i>Enriching Section</i>	: 0,7296 m
	<i>Stripping Section</i>	: 0,7990 m
-	Tinggi Menara	: 7,9134 m

- Jumlah *Plate* : 21 plate
- Tebal *Shell* : 0,1875 in
- Tebal *Head* : 0,1875 in

Dimensi *Tray*

- *Hole Pitch* : 0,0173 m
- *Hole Size* : 0,005 m
- *Tray Spacing* : 0,3 m
- *Tray Thickness* : 0,005 m
- *Weir Height* : 0,05 m

Tebal isolator : 5 cm

Harga : \$ 448.500

**8. Condensor (CD-01)**

Fungsi : Mengembunkan hasil atas MD-01

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Jumlah : 1 Unit

Kondisi Operasi

- Fluida Dingin

$t_{in}$  : 25 °C

$t_{out}$  : 55 °C

- Fluida Panas

$T_{in}$  : 281,87 °C

$T_{out}$  : 271,15 °C

Dimensi :

a. *Inner pipe (Cold Fluid)*

Diameter dalam (ID) : 3,0680 in

Diameter luar (OD) : 3,5000 in

*b. Annulus (Hot Fluid)*

Diameter (ID) : 1,1400 in

Diameter (OD) : 0,5300 in

Jumlah *Hairpin* : 5

*Dirt Fator* : 0,0024

Panjang : 12 ft

Luas transfer panas : 70,6800 ft<sup>2</sup>

Tebal isolator : 5 cm

Harga : \$ 31.600

**9. Reboiler (RB-01)**

Fungsi : Menguapkan hasil bawah MD-01

Jenis : *Shell and Tube*

Jumlah : 1 Unit

Kondisi Operasi

Fluida Dingin

- *t in* : 294,36 °C

- *t out* : 294,38 °C

Fluida Panas

- *T in* : 300 °C

- *T out* : 300 °C

*Shell* = fluida dingin

- ID : 31 in
- B : 12,4 in
- Passes : 1

*Tube* = fluida panas

- Nt : 472
- L : 20 ft
- OD : 1 in
- BWG : 18
- Passes : 1

*Dirt Factor* : 0,00114

Luas Transfer Panas : 2471,3920 ft<sup>2</sup>

Tebal isolator : 5 cm

Harga : \$ 170.300

#### 10. Conveyor (SC-01)

Fungsi : Mengangkut *Phthalic Anhydride* menuju Reaktor

Jenis : *Screw Conveyor*

Jumlah : 1 Unit

Kondisi Operasi

- Suhu : 30 °C

- Tekanan : 1 atm

Bahan : *Stainless Steel*

Daya : 0,8333 Hp

Harga : \$ 1.400

## 11. Pompa

Tabel 3.2 Spesifikasi Pompa

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat			
		P-01	P-02	P-03	P-04
1	Fungsi	Mengalirkan umpan etanol dari T-01 ke Mixer (M-01)	Mengalirkan output Mixer (M-01) menuju RATB (R-01)	Mengalirkan katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dari T-03 menuju RATB (R-01)	Mengalirkan output RATB (R-01) menuju Netralizer (N-01)
2	Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
3	Material	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
4	Jumlah Alat	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah
5	Pipa standar IPS : No. Sch : ID :	1,5 in 40 1,61 in	2 in 40 2,067 in	0,125 in 40 0,269 in	2,50 in 40 2,469 in
6	Head Pompa	3,172 m	3,451 m	3,986 m	2,118 m
7	Power	0,125 HP	0,250 HP	0,050 HP	0,167 HP
8	Harga	\$ 13.000	\$ 19.800	\$ 13.000	\$ 19.800

**Tabel 3.2** Spesifikasi Pompa (lanjutan)

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat			
		P-05	P-06	P-07	P-08
1	Fungsi	Mengalirkan umpan NaOH dari T-03 menuju Netralizer (N-01)	Mengalirkan output Netralizer (N-01) menuju Dekanter (D-01)	Mengalirkan output fase ringan dari Dekanter (D-01) menuju Menara Distilasi (MD-01)	Mengalirkan output bawah Menara Distilasi (MD-01) menuju Tangki Penyimpanan (T-04)
2	Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
3	Material	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
4	Jumlah Alat	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah
5	Pipa standar IPS : No. Sch : ID :	0,25 in 40 0,364 in	2 in 40 2,067 in	2 in 40 0,267 in	2 in 40 2,067 in
6	Head Pompa	2,234 m	1,215 m	3,262 m	1,224 m
7	Power	0,050 HP	0,083 HP	0,333 HP	0,083 HP
8	Harga	\$ 13.000	\$ 19.800	\$ 13.000	\$ 19.800

## 12. Heat Exchanger

Tabel 3.3 Heat Exchanger (Double Pipe)

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat	
		HE-01	CL-03
1	Fungsi	Memanaskan umpan dari Mixer (M-01) menuju RATB (R-01) dari suhu 95 °C ke 120 °C	Menurunkan suhu Kondenser (CD-01) menuju UPL dari suhu 271,146 °C ke 30 °C
2	Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
3	Material	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
4	Jumlah Alat	1 buah	1 buah
5	Spesifikasi <i>Annulus</i> : Aliran fluida : <i>Flow área</i> : Diameter :	<i>Hot fluid (steam)</i> 0,622 ft <sup>2</sup> 2,067 in	<i>Hot fluid (Fluida)</i> 0,622 ft <sup>2</sup> 2,067 in
6	Spesifikasi <i>Inner Pipe</i> : Aliran fluida : <i>Flow área</i> : Diameter :	<i>Cold fluid (umpan campuran)</i> 0,435 ft <sup>2</sup> 1,380 in	<i>Cold fluid (Dowtherm A)</i> 0,435 ft <sup>2</sup> 1,380 in
7	Jumlah hairpin	2	8
8	Luas transfer panas	37,32 ft <sup>2</sup>	159,232 ft <sup>2</sup>
9	<i>Dirt Factor (Rd)</i>	0,0082	0,0037
10	Harga	\$ 35.300	\$ 45.500

**Tabel 3.4 Heat Exchanger (Shell and Tube)**

No	Spesifikasi Alat	Nama Alat		
		HE-02	CL-01	CL-02
1	Fungsi	Menaikkan suhu output Dekanter (D-01) dari 40°C menjadi 291.121°C menuju Menara Distilasi (MD-01)	Menurunkan suhu output RATB (R-01) dari 120°C menjadi 40°C menuju Netralizer (N-01)	Menurunkan suhu aliran keluaran Reboiler (RB-01) dari 294,384 °C menjadi 30°C menuju Tangki Penyimpanan (T-04)
2	Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
3	Material	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
4	Jumlah Alat	1 buah	1 buah	1 buah
5	<i>Shell side</i>	Aliran fluida : <i>Hot fluid (steam)</i> ID : 15 ¼ in Baffle : 12 in	<i>Hot fluid (fluida)</i> 23 in 12 in	<i>Hot fluid (fluida)</i> 19 in 12 in
	<i>Tube side</i>	Aliran fluida : <i>Cold fluid (fluida)</i> ID : 0,620 in OD : ¾ in BWG : 18 Surface Area : 0,1963 ft <sup>2</sup> /lin ft Length : 8 ft	<i>Cold fluid (Dowtherm A)</i> 0,870 in ¾ in 16 0,1963 ft <sup>2</sup> /lin ft 12 ft	<i>Cold fluid (Dowtherm A)</i> 0,870 in 1 in 16 0,2618 ft <sup>2</sup> /lin ft 16 ft
7	Jumlah Hairpin	140	385	139
8	Luas Transfer Panas	219,856 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	906,906 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	582,243 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F
9	<i>Dirt Factor (Rd)</i>	0,008	0,019	0,007
10	Harga	\$ 34.200	\$ 36.200	\$ 46.000



### 13. Akumulator (ACC-01)

Fungsi : Menampung hasil atas pada MD-01 yang telah dikondensasi

Jenis : *Silinder Horizontal*

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel*

Jumlah : 1 Unit

Kondisi Operasi

- Suhu : 271,15 °C

- Tekanan : 1 atm

Dimensi Tangki

- Volume : 1,2318 m<sup>3</sup>

- Diameter : 0,2845 m

- Panjang : 1,7068 m

- Tebal *Shell* : 0,1875 in

- Tebal *Head* : 0,1875 in

Harga : \$ 3.000

## 3.3 Perencanaan Produksi

### 3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada jumlah bahan baku yang tersedia di sekitar wilayah pabrik dibangun, serta ketentuan kapasitas bahan baku minimal. Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan dari bahan baku terhadap kapasitas pabrik. Bahan baku *Phthalic Anhydride* diperoleh dari PT. Petrowidada yang terletak di Gresik, Jawa Timur. Untuk bahan baku Etanol dari

PTPN X yang mana merupakan anak perusahaan dari PT. Energi Agro Nusantara yang berlokasi di Mojokerto, Jawa Timur. Kemudian untuk kebutuhan lain seperti Asam Sulfat dan Natrium Hidroksida diperoleh dari PT. Toya Indo Manunggal di Kab. Sidoarjo, Jawa Timur.

### 3.3.2 Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemanapun peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

