

## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan maka pada perancangan pabrik Fenol perlu memilih proses yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

#### 3.1 Uraian Proses

Klorobenzena dari tangki penyimpanan (T-101) sebanyak 3051,064 kg/jam dipompa ke *Vaporizer* (VAP-101) sehingga mencapai suhu sebesar 300 °C. Selanjutnya umpan dimasukkan ke Reaktor *fixed bed multitube reactor* (R-101). Bahan baku lainnya, NaOH cair 40% dari tangki penyimpanan (T-102) sebanyak 2169,646 kg/jam dipompa ke mixer (M-101) untuk diencerkan menjadi NaOH 10%. Dari mixer, umpan kemudian dilewatkan ke *Vaporizer* (VAP-102) hingga mencapai suhu 300 °C. Dari VAP-102 kemudian diumpankan ke reaktor *fixed bed reactor* atau *packed bed reactor* (R-101). Tekanan proses pada reaktor ini sebesar 1 atm.

Di dalam reaktor terjadi reaksi kaustikasi antara NaOH dan klorobenzen membentuk  $C_6H_5ONa$  dan  $NaCl$ . Campuran hasil reaksi selanjutnya dialirkan ke kompresor an diumpankan ke reaktor Netralizer (R-102). Bahan baku ketiga, HCl 37% dari tangki penyimpanan (T-103) sebanyak 366,050 kg/jam diumpankan ke reaktor netralizer (R-102) sebagai penetralisir hingga memperoleh  $C_6H_5OH$ .

Hasil keluaran reaktor neutralizer (R-102) dialirkan ke dekanter (DC-101). Produk atas decanter merupakan fase ringan sebanyak 21.547,341 kg/jam kemudian diuapkan dengan evaporator (V-101) untuk mengurangi kadar air, sedangkan hasil bawah yang merupakan fase berat sebanyak 4.190,389 kg/jam dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL). Sebanyak 9.384,522 kg/jam air teruapkan akan dialirkan ke UPL. Sementara produk dialirkan ke Kristalizer (CR-01) dengan tekanan operasi sebesar 20° C dan tekanan nya 1 atm. Dihasilkan produk fenol yang masih berbentuk slurry sebesar 4806,358 kg/jam dan produk bawah nya sebesar 7.356,461 kg/jam yang selanjutnya akan dialirkan ke UPL untuk diproses lebih lanjut. Selanjutnya produk fenol dibawa menggunakan screwconveyor (SC-101) menuju rotary dryer untuk mengeringkan produk fenol. Sebanyak 296,9785 kg/jam air uapkan dan tersisa 4419,19192 produk fenol yang tersisa. Produk fenol hasil keluaran rotary dryer (RD-101) kemudian dibawa dengan screw conveyor (SC-102) untuk disimpan di silo (S-101) sebagai tempat penyimpanan sementara sebelum kemudian disimpan ke gudang penyimpanan.

### 3.2 Spesifikasi Alat

#### 3.2.1 Tangki Penyimpanan Klorobenzena (T-101)

Nama Alat	: Tangki Penyimpanan Klorobenzena
Kode Alat	: T-101
Fungsi	: Tempat penyimpanan Klorobenzena sebelum di gunakan dalam proses
Tipe	: Silinder tegak dengan conical dished head

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel*

Lama Penyimpanan : 30 Hari

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 Atm

Suhu = 30°C

Kapasitas Tangki : 1.301,961 m<sup>3</sup>

Diameter : 10,668 m

Tinggi Tangki : 9,114 m

Tebal Head : 0,875 in

Tebal Bottom : 0,875 in

Tebal Shell :

Course 5	4/16 in
Course 4	3/8 in
Course 3	7/16 in
Course 2	5/8 in
Course 1	5/8 in

Jumlah Tangki : 1 Buah

Harga : US\$ 167.244,869

### 3.2.2 Tangki Penyimpanan NaOH (T-102)

Nama Alat : Tagki Penyimpanan NaOH 40%

Kode Alat : T-102

Fungsi : Tempat penyimpanan NaOH 40% sebelum di

gunakan dalam proses

Tipe : Tangki silinder tegak dengan dasar datar Flat  
Bottom dan tutup berbentuk Conical Dished  
Head

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel*

Lama Penyimpanan : 7 Hari

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 Atm

Suhu = 30 °C

Kapasitas Tangki : 748,401 m<sup>3</sup>

Diameter Luar : 9,144 m

Tinggi Tangki : 11,618 m

Tebal Shell :

Course 4	5/8 in
Course 3	5/8 in
Course 2	5/8 in
Course 1	5/8 in

Tebal Tutup Atas : 0,75 in

Tebal Tutup Bawah : 0,75 in

Jumlah Tangki : 1 Buah

Harga : US\$ 122.033,197

### 3.2.3 Tangki Penyimpanan HCl (T-103)

Nama Alat : Tangki Penyimpanan HCl  
 Kode Alat : F-103  
 Fungsi : Tempat penyimpanan HCl sebelum di gunakan

Tipe : Silinder tegak dengan conical dished head  
 dalam proses

Bahan Konstruksi : Stainless Steel SA-283

Lama Penyimpanan : 7 Hari

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 Atm

Suhu = 30 °C

Kapasitas Tangki : 433,361 m<sup>3</sup>

Diameter Luar : 6,096 m

Tinggi Tangki : 5,486 m

Tebal Shell :

Course 1	7/16 in
Course 2	7/16 in
Course 3	7/16 in

Tebal Tutup Atas : 0,875 in

Tebal Tutup Bawah : 0,375 in

Jumlah Tangki : 1 Buah

Harga : US\$ 89.369,681

### 3.2.4 Mixer (M-101)

Nama Alat	: <i>Mixer</i>
Kode Alat	: M-101
Fungsi	: Mengencerkan NaOH 40% menjadi NaOH 10%
Jenis Alat	: Silinder vertikal dengan <i>head</i> dan <i>bottom</i> berbentuk <i>torispherical</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel type 304</i>
Kondisi Operasi	:
Temperatur	= 30 °C
Tekanan	= 1 atm
Diameter	: 2,508 m
Tinggi	: 5,722 m
Tebal shell	: 0,1875 in
Tebal head	: 0,1875 in
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 63.400

### 3.2.5 Reaktor (R-101)

Nama Alat	: Reaktor
Kode Alat	: R-101
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi Klorobenzena dan NaOH membentuk Natrium Fenolat dengan bantuan katalis Zeolit

Tipe : Reaktor *fix bed multitube*

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel, SA-283*

Kondisi Operasi :

Tekanan = 1 Atm

Suhu = 300 °C

Tinggi total : 7,87 m

Tebal dinding shell : 1/4 in

Diameter : 2,44 m

Pressure drop : 1,0031 psi

Jumlah Alat : 1 Buah

Harga : US\$ 78.600

### 3.2.6 Reaktor (R-102)

Nama Alat : Reaktor Netralizer

Kode Alat : R-102

Fungsi : Mereaksikan  $C_6H_5ONa$  dengan Asam Klorida

untuk menghasilkan Fenol

Tipe : Silinder tegak dilengkapi dengan pengaduk

(RATB)

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel*

Kondisi Operasi :

Tekanan = 1 Atm

Suhu = 30 °C

Tinggi total : 3,701 m

Tebal dinding shell : 3/16 in

Diameter luar : 1,219 m

Diameter dalam : 1,214 m

Power Pengaduk : 22 Hp

Jumlah Pengaduk : 1 Buah

Harga : US\$ 148.600

Jumlah Alat : 2 Buah

### 3.2.7 Dekanter (DC-101)

Nama Alat : Dekanter

Kode Alat : DC -101

Fungsi : Memisahkan fase ringan berupa Fenol  
(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH), HCl, Air dari fase berat berupa  
C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Cl, NaOH, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>ONa dan NaCl

Tipe : *Horizontal Cylindrical Vessel*

Bahan Konstruksi : *Carbon steel SA 283*

Kondisi Operasi :

Tekanan = 1 atm

Suhu = 30 °C

Diameter : 1,219 m

Panjang : 3.593 m

Tebal shell : 0,1875 in



Tebal head : 0,1875 in  
 Jumlah : 1 buah  
 Harga : \$ 20.900

### 3.2.8 *Evaporator*

Nama Alat : *Evaporator*  
 Kode Alat : V -101  
 Fungsi : Memekatkan produk yang keluar dari dekanter  
 Jenis : *Short vertical tube evaporator* dengan tutup dan  
 alas berbentuk *torispherical*  
 Bahan : *Carbon steel SA-167 type 304*  
 Kondisi Operasi :  
 Tekanan = 1 atm  
 Suhu = 110 °C  
 Spesifikasi Alat:  
 - Diameter = 3.091 m  
 - Tinggi = 4.066 m  
 - Tebal shell = 0.3125 in  
 - Tebal head = 0,1875 in  
 Jumlah : 1 buah  
 Harga : \$ 35.700

### 3.2.9 *Crystallizer*

Nama Alat : *Crystalizer*  
 Kode Alat : C-101  
 Fungsi : Mengkristalkan fenol cair jenuh menjadi fenol

padat sebesar 4419.192 kg/jam  
 Tipe : *Draft Tube Buffle (DTB) Crystallizer*

Kondisi Operasi:

- Tekanan = 1 atm
- Suhu = 20 °C

Spesifikasi Alat:

- Diameter = 3,897 m
- Tinggi = 6,495 m
- Tebal shell = 0,375 in
- Tebal head = 0,375 in

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 27.300

### 3.2.10 *Rotary Dryer*

Nama Alat : *Rotary Dryer*  
 Kode Alat : RD-101  
 Fungsi : Mengeringkan kristal  $C_6H_5OH \cdot 7H_2O$   
 Tipe : *Single Shell Direct Heat Rotary Dryer*  
 Bahan Konstruksi : *Carbon Steel, SA 283 Grade C*

Kondisi Operasi :

Tekanan = 1 atm

Suhu = 20 °C

*Flowrate in* : 4806.3579 kg/jam

*Flowrate Udara* : 33904 kg/jam

*Diameter Rotary* : 2,7367 m

*Panjang Rotary* : 11.068 m

*Volume Rotary Dryer* : 98.664 L

*Tebal Kolom* : 0,25 in

*Putaran Rotary Dryer* : 3,1923 rpm

*Slope kemiringan* : 21,804 °

*Power Rotary Dryer* : 19 Hp

*Jumlah Alat* : 1 Buah

*Harga* : US\$ 45.400

### 3.2.11 Blower

*Nama Alat* : Blower

*Kode Alat* : G-101

*Jenis* : Centrifugal Blower

*Jumlah* : 1 Buah

*Diameter Pipa* : 230 mm

*Power Blower* : 176 Hp

*Harga* : US\$ 5900

### 3.2.12 Bag Filter

Nama	: Bag Filter
Kode Alat	: BF-101
Fungsi	: Menyaring debu yang terdapat dalam udara yang akan digunakan pada rotary dryer
Tipe	: Automatic Filter Airmat Dust Arrestor
Bahan	: Carbon Steel SA-293 Grade C
Jumlah	: 1 buah
Media filter	: Cellulosa Pulp
Ukuran	: 24 x 24 in
Kedalaman Gasket minimum	: 11,5 in

### 3.2.13 Screw Conveyer 101

Nama Alat	: <i>Screw Conveyer</i>
Kode Alat	: SC-101
Fungsi	: Mengangkut Kristal fenol dari kriticalizer menuju Rotary Dryer
Tipe	: <i>Horizontal Screw Conveyor</i>
Bahan	: <i>Carbon Stell</i>
Kapasitas	: 5000 kg/jam
Panjang	: 3,048 m
Putaran Rotary Dryer	: 40 rpm
Power Rotary Dryer	: 5 Hp
Jumlah Alat	: 2 Buah
Harga	: US\$ 6.400

### 3.2.14 *Screw Conveyer 102*

Nama Alat	: <i>Screw Conveyer</i>
Kode Alat	: SC-102
Fungsi	: Mengangkut Kristal fenol dari rotary dryer menuju Silo
Tipe	: <i>Horizontal Screw Conveyer</i>
Bahan	: <i>Carbon Stell</i>
Kapasitas	: 5000 kg/jam
Panjang	: 3,048 m
Putaran Rotary Dryer	: 40 rpm
Power Rotary Dryer	: 5 Hp
Jumlah Alat	: 2 Buah
Harga	: US\$ 6.400

### 3.2.15 **Silo C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH (S-101)**

Nama Alat	: Tangki Penyimpanan Produk Fenol
Kode Alat	: S-101
Fungsi	: Menyimpan C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH.7H <sub>2</sub> O sebanyak 17,823 m <sup>3</sup>
Jenis	: <i>Cylindrical Vessel</i> dengan dasar <i>Conical</i>
Bahan	: <i>Carbon steel SA-283</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur : 30 °C
	: Tekanan : 1 atm

Diameter Luar : 1,759 m  
 Tinggi : 7,918 m  
 Jumlah Tangki : 1 Buah  
 Harga : US\$ 15.100

### 3.2.16 VAP-01

Fungsi : Menguapkan dan menaikkan Klorobenzene sebelum masuk Reaktor dari suhu 30°C menjadi 300°C

Tipe : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283

Dimensi :

Tube :

OD	= 1 in
BWG	= 16
ID	= 33 in

Pressure Drop = 0,040022 Psi

Shell :

Pitch = 0,25

Pass = 1

Baffle Space = 33 in

Pressure Drop = 0,00025 Psi

Luas Transfer Panas : 4201,177 ft<sup>2</sup>

Uc : 362,109 Btu/jamft<sup>2</sup>°F

Ud : 25,655 Btu/jamft<sup>2</sup>°F

Rd : 0,0036

Jumlah pipa : 1377 buah

Panjang : 12 ft

Harga : US\$ 99900

### 3.2.17 VAP-02

Fungsi : Menguapkan dan memanaskan NaOH 10% sebelum masuk Reaktor dari suhu 30°C menjadi 300°C

Tipe : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283

Dimensi :

Tube :

OD = 1 in

BWG = 16

ID = 33 in

Pressure Drop = 0,00002659 Psi

Shell :

Pitch = 0,25

Pass = 1

Baffle Space = 33 in

Pressure Drop = 0,04046 psi

Luas Transfer Panas : 3318,3573 ft<sup>2</sup>

Uc : 807,2438 Btu/jamft<sup>2</sup>°F

Ud : 26 Btu/jamft<sup>2</sup>°F

Rd : 0,0032

Jumlah pipa : 1377 buah

Panjang : 12 ft

Harga : US\$ 92200

### 3.2.18 Kondensor

Fungsi : Mendinginkan hasil keluaran reaktor dari suhu 300°C menjadi 30°C

Kode alat : CD-101

Tipe : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283

Dimensi :

Tube :

OD = 1 in

BWG = 16

Panjang = 12 ft

Pitch = 0,25

Pressure Drop = 0,0563 Psi

Shell :



ID	= 39 in
Pass	= 1
Baffle Space	= 33 in
Pressure Drop	= 0,0039 psi

Luas Transfer Panas	: 8947,7 ft <sup>2</sup>
Uc	: 1790,4239 Btu/jamft <sup>2</sup> °F
Ud	: 17,1825 Btu/jamft <sup>2</sup> °F
Rd	: 0,003
Jumlah pipa	: 1377 buah
Harga	: US\$ 92200

### 3.2.19 Ekspansi Valve

Fungsi	: Menurunkan tekanan komponen keluaran kompresor sebelum masuk ke Netralizer dari 10,8 atm menjadi 1 atm
Kode Alat	: V-101
Jumlah	: 1 buah
Jenis	: Centrifugal Expansion Valve
Bahan Konstruksi	: Carbon Steel, SA Grade A
Kapasitas	: 24.531,4407 kg/jam

### 4.2.19 HE-03

Fungsi	: Mendinginkan umpan masuk kristalizer dari suhu
--------	--

110°C menjadi 20°C

Tipe : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283

Dimensi :

Tube :	
OD	= 1 in
BWG	= 16
Panjang	= 12 ft
Pitch	= 0,25
Pressure Drop	= 0,0563 Psi
Shell :	
ID	= 39 in
Pass	= 1
Baffle Space	= 33 in
Pressure Drop	= 0,0039 psi
Luas Transfer Panas	: 8947,7 ft <sup>2</sup>

Uc : 1790,4239 Btu/jamft<sup>2</sup>°F

Ud : 17,1825 Btu/jamft<sup>2</sup>°F

Rd : 0,003

Jumlah pipa : 1377 buah

Harga : US\$ 92200

**5.2.19 HE-04**

Fungsi : Menaikkan temperature udara dari suhu 30°C  
Menjadi 110°C sebelum dimasukkan ke rotary dryer

Tipe : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283

Dimensi :

Tube :

OD = 1 in

BWG = 16

Panjang = 12 ft

Pitch = 0,25

Pressure Drop = 0,813 Psi

Shell :

ID = 39 in

Pass = 1

Baffle Space = 33 in

Pressure Drop = 0,10825 psi

Luas Transfer Panas : 497,8 ft<sup>2</sup>

Uc : 541,542 Btu/jamft<sup>2</sup>F

Ud : 206 Btu/jamft<sup>2</sup>F

Rd : 0,0039

Jumlah pipa : 1377 buah

Harga : US\$ 92200

### 3.3.1 Pompa

Tabel 3. 1 Tabel Spesifikasi Pompa

Parameter	(P-101)	(P-102)	(P-103)	(P-104)	(P-105)
<b>Fungsi</b>	Mengalirkan bahan baku klorobenzena dari Tangki ke Reaktor	Mengalirkan Bahan baku Larutan NaOH 40% ke Mixer	Mengalirkan H <sub>2</sub> O ke Mixer	Mengalirkan NaOH 10% dari mixer ke reaktor	Mengalirkan komponen dari Reaktor ke Netralizer
<b>Type</b>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
<b>Bahan Konstruksi</b>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
<b>Kapasitas</b>	4018,24 liter/jam	1093,57 liter/jam	4418,45 liter/jam	5421,67 liter/jam	5972,82 liter/jam
<b>Power Pompa</b>	1,5 Hp	1 Hp	1,5 Hp	1,5 Hp	2 Hp
<b>Jumlah</b>	1 Buah	1 Buah	1 Buah	1 Buah	1 Buah
<b>Harga</b>	US\$ 4.000	US\$ 3.000	US\$ 4.000	US\$ 4.000	US\$ 5.200

<b>Parameter</b>	<b>(P-106)</b>	<b>(P-107)</b>	<b>(P-108)</b>	<b>(P-109)</b>
<b>Fungsi</b>	Mengalirkan HCl dari tangki ke Netralizer	Mengalirkan komponen dari neutralizer ke dekanter	Mengalirkan komponen hasil atas dekanter ke evaporator	Mengalirkan komponen keluaran Evaporator ke kristalizer
<b>Type</b>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
<b>Bahan Konstruksi</b>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
<b>Kapasitas</b>	718,29 liter/jam	6247,38 liter/jam	5295,1 liter/jam	1239,76liter/jam
<b>Power Pompa</b>	0,75 Hp	3 Hp	2 Hp	1 Hp
<b>Jumlah</b>	1 Buah	1 Buah	1 Buah	1 Buah
<b>Harga</b>	US\$ 2.300	US\$ 6.100	US\$ 5.200	US\$ 3.000

### 3.3 Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

#### 1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

- a. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- b. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :
  - 1) Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
  - 2) Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
  - 3) Mencari daerah pemasaran.

#### 2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

- a. Material ( bahan baku )

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

b. Manusia ( tenaga kerja )

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

c. Mesin ( peralatan )

Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi

