

## **BAB III**

### **PERANCANGAN PROSES**

#### **3.1. Uraian Proses**

Proses pembuatan polipropilena dari monomer propilena dilakukan dengan proses kontinu. Produksi polipropilena dilakukan melalui beberapa unit proses :

1. Unit penyiapan bahan baku
2. Unit reaksi
3. Unit pemurnian produk

##### **3.1.1. Unit Penyiapan Bahan Baku**

###### **a. Unit Penyiapan Propilena**

Bahan baku propilena dialirkan langsung dari PT. Chandra Asri Petrochemical dengan kemurnian 99,85% dan disimpan pada fase cair dengan suhu 30 °C dan tekanan 13 atm dalam tangki penyimpanan (T-01). Sedangkan hidrogen (H<sub>2</sub>) disimpan pada fase gas dengan suhu 30 °C dan tekanan 17 atm dalam tangka penyimpanan (T-06). Bahan Baku hidrogen diperoleh dari PT. Air Liquid dengan kemurnian 100%. Propilena yang merupakan bahan baku kemudian diumpankan ke *heater* (HE-01) untuk menaikkan suhunya dari 30 °C menjadi 70 °C sebelum diumpankan ke reaktor (R-01). Setelah dari *heater* (H-01) propilena dialirkan menggunakan pompa (P-01) menuju Reaktor. Propilena tersebut kemudian dicampur dengan propilena recycle.

#### b. Unit Penyiapan *Catalyst System*

Dari tangki penyimpanan (T-04), katalis  $\text{TiCl}_4$  dialirkan dengan pompa (P-02) ke mixer (M-01). Dari tangki penyimpanan (T-03) *catalyst carrier* mineral oil dialirkan dengan pompa (P-03) ke *mixer* (M-01). Dari tangki penyimpanan (T-05) kokatalis TEAl dialirkan dengan pompa (P-04) menuju *mixer* (M-01). Dari tangki bin (T-02) *support catalyst*  $\text{MgCl}_2$  dialirkan ke *Mixer* (M-01). Katalis, kokatalis, *support catalyst*, dan *catalyst carrier* dicampur di *mixer* pada suhu  $30^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Hasil campuran *mixer* kemudian dipompa (P-05) hingga tekanan 30 atm menuju reaktor.

#### c. Unit Penyiapan Hidrogen

Hidrogen dialirkan langsung dari PT. Air Liquide Indonesia dengan suhu  $30^\circ\text{C}$  tekanan 13 atm. Kemudian di kompresi (C-01) sampai tekanan 30 atm. Hidrogen selanjutnya dialirkan menuju reaktor.

### 3.1.2. Unit Reaksi

Propilena dari (HE-01), hidrogen dari (T-06) dan campuran katalis ,kokatalis dari (M-01) diumpankan ke reaktor (R-01). Konversi yang terjadi adalah 53 % terhadap propipilena. Produk polimerisasi polipropilena dilakukan di dalam *loop tubular reactor* (R-01) pada tekanan 30 atm dan suhu  $70^\circ\text{C}$ . Reaksi yang terjadi terdiri tiga tahapan reaksi, yaitu tahap inisiasi, tahap propagasi dan tahap terminasi. Reaksi berjalan secara eksotermis dan untuk menjaga agar suhu reaktor tetap konstan maka reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin. Produk keluaran dari reaktor berupa polipropilena dan sisa propilena. Katalis tidak dapat diperoleh kembali pada akhir reaksi karena ikut bergabung dalam molekul polimer.

### 3.1.3. Unit Pemurnian Produk

Pada tahap ini bertujuan untuk memurnikan polipropilena dari sisa propilena sehingga diperoleh produk polipropilena dalam bentuk pellet.

Tahap pemisahan dan pemurnian produk terdiri:

- a. Hasil keluaran reaktor yang berupa sisa propilena dan polipropilena diumpankan ke *flash line* (FL-01) untuk menguapkan propilena sisa reaksi. Flash line ini beroperasi pada suhu 70 °C dan tekanan 30 atm. Produk keluaran flash line berupa uap propilena dan polipropilena selanjutnya diumpankan ke *expansion valve*.
- b. Di dalam *expansion valve* terjadi penurunan tekanan secara tiba-tiba dari 30 atm menjadi 17 atm. Dari *expansion valve* produk polipropilena dan uap propilena dimasukan kedalam cooler (HE-03) untuk menurunkan suhu dari 80 °C menjadi 52 °C.
- c. Kemudian produk polipropilena dan uap propilena dipisahkan dengan menggunakan siklon (CY-01). Siklon beroperasi pada suhu 52 °C dan tekanan 17 atm. Siklon mempunyai dua aliran produk keluar, yaitu uap propilena yang menjadi hasil atas dan propilena yang menjadi hasil bawah.
- d. Uap propilena yang keluar dari siklon kemudian menuju kompresor (C-02) untuk dinaikan kembali tekanannya menjadi 30 atm. Suhu dari uap propilena naik menjadi 61 °C.
- e. Setelah melewati kompresor (C-02) tekanan berubah menjadi 30 atm dengan suhu 61 °C, uap propilena langsung berubah seketika menjadi fase cair.

- f. Sebelum dialirkan kembali ke reaktor, propilena cair dengan suhu 61 °C diumpankan ke *heater* (HE-02) dengan tujuan untuk menaikkan suhu propilena cair menjadi 70 °C. Sedangkan polipropilena yang merupakan hasil bawah dari siklon dialirkan menuju expansion valve untuk diturunkan tekanannya menjadi 1 atm.
- g. Polipropilena yang tekanannya telah turun menjadi tekanan atmosferik selanjutnya masuk ke *extruder pelletizer* (EP-01) untuk dibentuk menjadi pellet. Polipropilena dicetak menggunakan die plate dan langsung dipotong-potong menggunakan rotary knife kemudian didinginkan. Pendinginan yang cepat mengakibatkan polipropilena langsung membeku dan menjadi pellet.
- h. Selanjutnya pellet polipropilena masuk menuju vibrating screen (VS-01) untuk menyeragamkan ukuran pellet polipropilena. Setelah itu disimpan kedalam silo penyimoanan pellet sebelum dikemas kedalam kantong-kantong.

### 3.2 Spesifikasi Alat

#### 3.2.1 Tangki bahan baku Propilena

Kode	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05	T-06
Fungsi	Menyimpan Propilena cair untuk kebutuhan selama 7 hari	Menyimpan kokatalis $MgCl_2$ untuk kebutuhan selama 30 hari	Menyimpan <i>catalyst carrier</i> mineral oil untuk kebutuhan selama 30 hari	Menyimpan katalis $TiCl$ untuk kebutuhan selama 30 hari	Menyimpan kokatalis TEAl untuk kebutuhan selama 30 hari	Menyimpan Hidrogen untuk kebutuhan selama 30 hari
Jenis	Tangki silinder tegak flat bottomed dengan <i>conical roof</i>	Tangki silinder tegak dengan <i>conical bottom</i>	Tangki silinder tegak dengan <i>conical head</i>	Tangki silinder tegak flat bottomed dengan <i>conical roof</i>	Tangki silinder tegak dengan <i>conical head</i>	Tangki <i>spherical</i>
Bahan	<i>Stainless steel SA 283 type C</i>	<i>Stainless steel SA 240 type 304</i>	<i>Stainless steel SA 240 type 304</i>	<i>Stainless steel SA 240 type 304</i>	<i>Stainless steel SA 240 type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 240 type 304</i>
Jumlah	1 Unit	1 Unit	1 Unit	1 Unit	1 Unit	1 Unit
Fase	Cair	Padat	Cair	Cair	Cair	Gas
Kondisi Operasi	T = 30 °C P = 13 atm	T = 30°C P = 1 atm	T = 30°C P = 1 atm	T = 30°C P = 1 atm	T = 30°C P = 1 atm	T = 30°C P = 1 atm
Volume (m <sup>3</sup> )	6066,7	1,46	4,94	0,21	26,38	1,04
Diameter (m)	27,43	1,2314	2,72	0,65	3,23	1,26
Tinggi Tangki (m)	1,94	3,7	1,02	1,94	7,68	-
Tebal Silinder (in)	3/16	¼	3/16	3/16	3/16	3/16
Harga	\$ 457.055,5	\$ 5.324,74	\$ 11.033,50	\$ 1.673,00	\$ 19.890,48	\$ 3.645,14

### 3.2.2 Bucket Elevator-01

Kode	:	BE-01
Fungsi	:	Mengangkut produk polipropilena menuju silo penyimpanan (S-01)
Jenis	:	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>
Bahan	:	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Kondisi operasi	:	T = 30°C P = 1 atm
Kondisi fisik	:	Tinggi elevator = 7,6200 m Kapasitas = 12,63 ton/jam Kecepatan bucket = 129 ft/menit Daya motor = 1 Hp
Harga	:	\$ 11.726,82

### 3.2.3 Mixer

Kode	:	M-01
Fungsi	:	Tempat mencampur katalis, kokatalis, <i>support katalis, dan catalyst carrier</i>
Jenis	:	Tangki silinder vertikal berpengaduk
Bahan	:	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Jumlah	:	1 unit
Jenis head	:	<i>Torispherical Dished head and bottom</i>
Fase	:	Slurry
Kondisi operasi	:	T = 30°C

		$P = 1 \text{ atm}$
Spesifikasi Tangki	:	Kapasitas = $0,0305 \text{ m}^3$
		Diameter dalam = $0,3652 \text{ m}$
		Tinggi tangki = $0,6978 \text{ m}$
		Tebal silinder = $3/16 \text{ in}$
		Tebal head = $0,1875 \text{ in}$
Pengaduk	:	Jenis = <i>Turbin with 6 flat blades</i>
		Jumlah baffle = tanpa baffle
		Daya motor = $1 \text{ Hp}$
Harga	:	$\$ 17.271,69$

#### 3.2.4 Kompresor-01

Kode	:	C-01
Fungsi	:	Menaikkan tekanan hidrogen dari $17 \text{ atm}$ menjadi $30 \text{ atm}$
Jenis	:	<i>Sentrifugal multi stage</i>
Jumlah stage	:	<i>3 stage</i>
<i>Flow gas</i>	:	$0,0660 \text{ kg/jam}$
Suhu masuk gas	:	$30 \text{ }^\circ\text{C}$
Suhu keluar gas	:	$56,5 \text{ }^\circ\text{C}$
Daya	:	$1 \text{ Hp}$
Harga	:	$\$ 56.838,10$

### 3.2.5 Kompresor-02

Kode	: C-02
Fungsi	: Menaikkan tekanan propilena gas dari 17 atm menjadi 30 atm
Jenis	: <i>Sentrifugal multi stage</i>
Jumlah stage	: 3 stage
<i>Flow gas</i>	: 0,001 m <sup>3</sup> /s
Suhu masuk	: 52 °C
Suhu keluar	: 61 °C
Daya	: 4 Hp
Harga	: \$ 4.470,80

### 3.2.6 Heat Exchanger-01

Kode	: HE-01
Fungsi	: Menaikkan suhu propilena keluaran tangki (T-01)
Jenis	: <i>Double pipe</i>
Heat duty	: 1.832.378,54 Btu/jam
Kondisi Operasi	: Suhu masuk = 30 °C Suhu keluar = 70 °C
<i>Inner pipe side</i>	: Fluida = air Kapasitas = 879,2478 kg/jam Tipe = 4 IPS ID = 4,026 in

	<i>Flow area</i>	= 12,7 in <sup>2</sup>
	Panjang <i>hairpin</i>	= 12 ft
	Jumlah Hairpin	= 7
	$\Delta P$	= 0.03 psi
<i>Annulus side</i>	: Fluida	= Propilena
	Kapasitas	= 14.913,08 kg/jam
	Tipe	= 8 IPS
	ID	= 7,981 in
	<i>Flow area</i>	= 50 in <sup>2</sup>
	$\Delta P$	= 0,2306 psi
$U_C$	: 2,0935 Btu/jam ft <sup>2</sup> °F	
$U_D$	: 2,0889 Btu/jam ft <sup>2</sup> °F	
$R_D$ calculation	: 0,0011	
$R_D$ required	: 0,0010	
Harga	: \$ 11.004	

### 3.2.7 Heat Exchanger-02

Kode	: HE-02
Fungsi	: Menaikan suhu propilena recycle menuju reaktor
Jenis	: <i>Double pipe</i>
<i>Heat duty</i>	: 1.094.782,27 Btu/jam
Kondisi Operasi	: Suhu masuk = 30 °C Suhu keluar = 70 °C

<i>Inner pipe side</i>	:	Fluida	= air
		Kapasitas	= 525,3199 kg/jam
		Tipe	= 2.5 IPS
		ID	= 2,469 in
		<i>Flow area</i>	= 4,79 in <sup>2</sup>
		Panjang <i>hairpin</i>	= 12 ft
		Jumlah Hairpin	= 12
		$\Delta P$	= 0.039 psi
<i>Annulus side</i>	:	Fluida	= Propilena
		Kapasitas	= 8909,9294 kg/jam
		Tipe	= 4 IPS
		ID	= 4,026 in
		<i>Flow area</i>	= 12,7 in <sup>2</sup>
		$\Delta P$	= 1,060 psi
$U_C$	:		12.509 Btu/jam ft <sup>2</sup> °F
$U_D$	:		12.308 Btu/jam ft <sup>2</sup> °F
$R_D$ calculation	:		0,0013
$R_D$ required	:		0,0010
Harga	:		\$ 4.340,43

### 3.2.8 Heat Exchanger-03

Kode	:	H-03
Fungsi	:	Menurunkan suhu produk keluaran flash line menuju siklon

Jenis	:	<i>Shell and Tube</i>
<i>Heat duty</i>	:	1.429.661,12 Btu/jam
Kondisi Operasi	:	Suhu masuk = 80 °C Suhu keluar = 52 °C
<i>Shell side</i>	:	Luas Transfer Panas = 260,9321 ft <sup>2</sup> Fluida = propilena gas dan polipropilena Kapasitas = 23.846,264 kg/jam ID = 12 in Passes = 1
<i>Tube side</i>	:	Fluida = Air Kapasitas = 155.498,44 kg/jam Panjang tube = 16 ft ID = 0,532 in OD = ¾ in BWG = 12 Passes = 2 Jumlah Tube = 83
<i>R<sub>D</sub> calculation</i>	:	0,004
<i>R<sub>D</sub> required</i>	:	0,003
Harga	:	\$ 17.223,84

### 3.2.9 Reaktor

Kode	:	R-01
Fungsi	:	Tempat terjadinya reaksi polimerisasi propilena menjadi polipropilena
Jenis	:	<i>Loop tubular reactor</i>
Bahan	:	<i>Stainless steel SA 240 grade 316</i>
Jumlah	:	1 unit
Kondisi operasi	:	T = 70°C P = 30 atm Waktu tinggal = 10 menit
Spesifikasi Tangki	:	Kapasitas = 11,7575 m <sup>3</sup> /jam Diameter = 0,6096 m Tinggi tangki = 4,422 m Luas permukaan = 0,273 m <sup>2</sup>
Pendingin	:	Jenis = jaket pendingin Pendingin = air Kebutuhan = 111.134,3522 kg/jam Diameter jaket = 0,762 m Tinggi jaket = 4,422 m Tebal jaket = 1 in Luas permukaan = 100,48 in <sup>2</sup>
Harga	:	\$ 62.205,860

### 3.2.10 Expansion Valve

Kode	: EV-01
Fungsi	: Menurunkan tekanan dari 30 atm menjadi 17 atm
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: Tekanan : $P_{in} = 30 \text{ atm}$ $P_{out} = 17 \text{ atm}$ $T = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Harga	: \$ 1.373,41

### 3.2.11 Expansion Valve.

Kode	: EV-02
Fungsi	: Menurunkan tekanan dari 17 atm menjadi 1 atm
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi	: Tekanan : $P_{in} = 17 \text{ atm}$ $P_{out} = 1 \text{ atm}$ $T = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Harga	: \$ 1.373,41

### 3.2.12 Flash Line

Kode	: FL-01
Fungsi	: Memisahkan monomer gas sisa propilena dengan polipropilena
Bahan	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>

Jumlah	:	1 unit
Kondisi operasi	:	Suhu = 70 °C
	:	Tekanan = 30 atm
Spesifikasi Alat	:	Inner pipe
	:	ID = 4,026 in
	:	OD = 4,5 in
	:	Tipe = 4 IPS
	:	Annulus pipe
	:	ID = 7,981 in
	:	OD = 8,625 in
:	Tipe = 8 IPS	

Harga : \$ 10.776

### 3.2.13 Screw Conveyor-01

Kode	:	SC-01
Fungsi	:	Mengangkut produk polipropilena dari <i>extrude pelletizer</i> (EP-01) menuju <i>vibrating screen</i>
Kondisi operasi	:	T = 70°C
	:	P = 1 atm
Kondisi fisik	:	Kapasitas = 12630,5094 kg/jam
	:	Panjang conveyor = 37 m
	:	Volume screw = 7,8552 ft <sup>3</sup> /menit

Diameter screw = 14 in

Kecepatan putaran = 36 rpm

Daya motor = 1 2/5 Hp

Harga : \$ 4.648,47

### 3.2.14 Extruder dan Pelletizer

Kode : EP-01

Fungsi : Membuat pellet produk polipropilena

Jenis : *Single screw extruder*

Model : *Cylindrical vessel*

Jumlah : 2 unit

Extruder : *Cutting machine* = 2 buah

Jumlah Hole = 36 hole

Diameter hole = 0,2 in

*Cutter speed* = 60 rpm

Pelletizer : Diameter = 90 cm

Panjang = 10,1694 m

Jumlah pellet = 259200 potongan/jam

Kecepatan volume = 235,7097 ft<sup>3</sup>/jam

Bak pendingin : Panjang = 13,0442 m

Lebar = 3,261 m

Tinggi = 0,8153

Harga : \$ 52.037,20

### 3.2.15 Screw Conveyor-02

Kode	:	SC-02
Fungsi	:	Mengangkut produk polipropilena dari <i>vibrating screen</i> (VS-01) menuju <i>bucket elevator</i> (BE-02)
Jumlah	:	1
Kondisi operasi	:	T = 30°C P = 1 atm
Kondisi fisik	:	Kapasitas = 12630,5094 kg/jam Panjang conveyor = 37 m Volume screw = 7,8552 ft <sup>3</sup> /menit Diameter screw = 14 in Kecepatan putaran = 36 rpm Daya motor = 1 2/5 Hp
Harga	:	\$ 4.648,47

### 3.2.16 Bucket Elevator-02

Kode	:	BE-01
Fungsi	:	Mengangkut produk polipropilena menuju silo (S-01)
Jumlah	:	1
Jenis	:	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>
Bahan	:	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Kondisi operasi	:	T = 30°C

		$P = 1 \text{ atm}$	
Kondisi fisik	:	Tinggi elevator	= 7,6203 m
		Jarak antar bucket	= 16 in
		Kecepatan bucket	= 129 ft/menit
		Daya motor	= 1,3 Hp
Harga	:	\$ 28.634,10	

### 3.2.17 Vibrating Screen

Kode	:	VS-01	
Fungsi	:	Menyeragamkan ukuran pellet polipropilena	
Jenis	:	<i>Vibrating Screen</i>	
Bahan	:	<i>Carbon steel SA 305 grade C</i>	
Jumlah	:	1 unit	
Fase	:	Padat	
Kondisi Operasi	:	$T = 30^{\circ}\text{C}$	
		$P = 1 \text{ atm}$	
Dimensi Tangki	:	Luas ayakan	= 29,37 ft <sup>2</sup>
		<i>Apperture screen</i>	= 1,6511 mm
		Diameter wire	= 0,035 in
Harga	:	\$ 13.446,75	

### 3.2.18 Silo Polipropilena

Kode	:	S-01	
Fungsi	:	Menyimpan produk polipropilena sebelum didistribusikan	

Jenis	:	<i>Cylindrical vessel with conical bottom</i>
Bahan	:	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Jumlah	:	3 unit
Fase	:	Padat
Kondisi Operasi	:	T = 30°C P = 1 atm Waktu tinggal = 5 hari
Dimensi Tangki	:	Volume = 192,1592 m <sup>3</sup> Diameter silo = 3,5 m Tinggi silo = 8 m Tebal Silinder = 1,3 in

### 3.2.19 Pompa

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Pompa

No	Pompa	Fungsi	Kapasitas (gpm)	Friction Head (ft.lbf/lbm)	Daya Pompa (Hp)	Harga (US \$)
1	P-01	Mengalirkan freshfeed dari tangki ke Reaktor	80,21	0,3138	0,87	82
2	P-02	Mengalirkan katalis TiCl <sub>4</sub> dari tangki ke mixer	0,0013	0,0001	0,00036	69,71
3	P-03	Memompa umpan MO dari tangki (T-03) menuju mixer	0,0363	0,0548	0,00124	69,71
4	P-04	Memompa umpan TEAl dari tangki (T-04) menuju mixer	0,0807	0,3284	0,0014	69,71
5	P-05	Memompa umpanMgCl <sub>2</sub> dari tangki (T-05) menuju mixer	0,0108	0,0038	0,0005	69,71
6	P-06	Mengalirkan katalis hasil dari mixer menuju reaktor	0,0231	0,0005	0,0031	69,71
7	P-07	Mengalirkan produk slurry dari reaktor menuju flashline	22,113	0,0220	2,381	117,32
8	P-08	Mengalirkan Hasil keluaran flashline menuju expansion valve	18,095	0,0250	1,965	104,58
9	P-09	Mengalirkan Hasil keluaran kompresor menuju reaktor	28,206	0,7083	2,000	45,97
10	P-10	Mengalirkan Hasil keluaran siklon menuju expansion valve	10,6196	0,0039	1,038	71,33

### **3.3 Perencanaan Produksi**

#### **3.3.1. Analisis Kebutuhan Bahan Baku**

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan polipropilena di Indonesia, ketersediaan bahan baku dan kapasitas produksi pabrik polipropilena yang telah berdiri. Diperkirakan kebutuhan polipropilena akan terus meningkat setiap tahunnya. Terlebih lagi, di Indonesia masih kekurangan akan produksi polipropilena untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Untuk membantu memenuhi kebutuhan polipropilena dalam negeri maka ditetapkan kapasitas produksi sebesar 100.000 ton/tahun.

#### **3.3.2. Analisis Kebutuhan Peralatan Proses**

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan 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.

Tabel 3. 2 Kebutuhan Peralatan Proses

<b>Alat/Mesin</b>	<b>Jumlah</b>
Reaktor	1
Mixer	1
Flashline	1
<i>Heat Exchanger</i>	2
Pompa	10
<i>Expansion valve</i>	2
Siklon	1
<i>Extrude Pelletizer</i>	1
Tangki Penyimpanan	7
<i>Vibrating Screening</i>	1
Kompresor	2
<i>Cooler</i>	1