

## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

#### 3.1 Uraian Proses

##### 3.1.1 Tahap Preparasi Bahan Baku

Proses pembuatan propilen menggunakan bahan baku utama yaitu *liquid* propan dengan konsentrasi 94% Propana. Propan dari tangki bahan baku (TT-101) dipompa masuk vaporizer (E-101) untuk diuapkan. Gas dan cairan propan kemudian dipisahkan didalam separator-01 (FG-101). Gas propan hasil separator selanjutnya dipanaskan dengan furnace (B-101) sampai suhunya 653,78°C, lalu diekspansi dengan menggunakan expansion valve (EXP-101) sampai tekanan 2 atm dan suhu 600°C.

##### 3.1.2 Tahap Reaksi

Gas propan pada suhu 600°C dan tekanan 2 atm diumpungkan ke reaktor (R-101) dengan kondisi isothermal dan *non adiabatic*. Reaksi pembentukan propilen merupakan reaksi *reversible* endotermis dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Katalis yang digunakan adalah Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dengan konversi 40% massa. Suhu reaksi dijaga konstan menggunakan pemanas NaK.

##### 3.1.3 Tahap Pemurnian Produk

Produk keluar reaktor terdiri dari propilen (37%), propan (56,4%), n-butan (4,7%), hidrogen (1,7%). Gas didinginkan menggunakan *cooler* 1 (E-102) sehingga suhunya mencapai 70°C. Output dari *cooler* 1 (E-102)

masuk ke kompresor *stage* 1 untuk mengkompresi tekanan menjadi 10 atm. *Output* dari kompresor *stage* 1 dengan suhu 274°C didinginkan kembali menggunakan *cooler* 2 (E-103), *output cooler* 2 (E-103) dengan suhu 70°C dan tekanan 10 atm diumpankan ke kompresor *stage* 2 untuk dikompresi kembali tekanannya sehingga mencapai 30 atm. *Output* dari kompresor *stage* 2 (JC-101) diteruskan ke dalam kondensor parsial (CDP-101) untuk mengembunkan condensable gas pada kondisi operasi 30 atm, 61,25°C menggunakan pendingin air. Gas yang tidak terembunkan dipisahkan menggunakan separator (FG-102), untuk kemudian di *flare*. Cairan yang terembunkan diteruskan ke menara distilasi (T-101) pada kondisi 10 atm, 25,42°C untuk mengambil propilen dengan kemurnian 99,5% sebagai produk utama. Produk propilen disimpan di tangki produk (TT-102) pada kondisi 12,48 atm, 19,95°C.

### 3.2 Spesifikasi Alat/mesin produk

Proses di pabrik menggunakan beberapa jenis alat yang bermacam – macam.

Berikut ini adalah spesifikasi alat – alat yang digunakan :

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor dan Menara Destilasi

No.	Spesifikasi	Nama dan Kode Alat	
		Reaktor (R-101)	Menara Distilasi (T-101)
1.	Fungsi	Tempat berlangsungnya reaksi dehidrogenasi propan ( $C_3H_8$ ) menghasilkan propilen ( $C_3H_6$ )	Memurnikan propilen dengan kemurnian 99,2%
2.	Tipe	<i>Multitube fixedbed Reactor</i>	Sieve Tray
3.	Lokasi	<i>Outdoor</i>	<i>Outdoor</i>
4.	Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Stainless steel</i>
5.	Kondisi operasi	Suhu (T): 600°C Tekanan (P) : 2 atm	Puncak : a. Suhu (T) : 19,95°C b. tekanan (P) : 10 atm  Umpan : a. Suhu (T) : 25,42 °C b. Tekanan : 10,04 atm  Dasar : a. Suhu (T) : 29,44 °C b. Tekanan : 10,06 atm
6.	Ukuran alat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter luar <i>tube</i> = 2,38 in</li> <li>• Diameter luar <i>shell</i> = 144 in</li> <li>• Volume reaktor = 132,41 m<sup>3</sup></li> <li>• Tebal <i>head</i> = 0,25 in = 0,0064 m</li> <li>• Tinggi <i>head</i> = 26,955 in = 0,685 m</li> <li>• Tinggi total reaktor = 14,769 m</li> </ul>	a. Ukuran menara : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter = 6,15 m</li> <li>• Tinggi = 30,95 m</li> <li>• Jumlah tray = 170plate</li> <li>• Jarak antar tray = 0,15 m</li> <li>• Letak tray = plate ke-100 dari bawah</li> </ul> b. Perancangan tray : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Panjang weir = 5,35 m</li> <li>• Tinggi weir = 0,09 m</li> <li>• Diameter lubang = 2 in</li> </ul>

	Ukuran alat	Reaktor (R-101)	Menara Distilasi (T-101)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tebal tray = 0,005 m</li> <li>• Tipe tray : Sieve tray with down comer</li> </ul>
7.	Jumlah alat (unit )	1	1
8.	Harga (USD)	7.569.831	27.627



Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki 1 &amp; Tangki 2

No.	Spesifikasi		
1.	Fungsi	Menyimpan bahan baku propan	Menyimpan produk propilen
2.	Tipe	Tangki <i>silinder horizontal</i>	Tangki <i>silinder horizontal</i>
3.	Lokasi	<i>Outdoor</i>	<i>Outdoor</i>
4.	Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
5.	Kapasitas (kg/jam)	81.880,1313	11.902,37
6.	Kondisi operasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekanan : 10,26 atm</li> <li>• Suhu : 30°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekanan : 12,84 atm</li> <li>• Suhu : 19,95°C</li> </ul>
7.	Ukuran alat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter : 31 ft</li> <li>• Panjang : 91 ft</li> </ul> Tebal shell : 0,75 in	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter : 31 ft</li> <li>• Panjang : 93 ft</li> </ul> Tebal shell : 0,75 in
8.	Jumlah alat (unit)	8	6
9.	Harga (USD)	120,920	129,064

Tabel 3. 3 Spesifikasi Tangki 3 dan Akumulator

No.	Spesifikasi	Nama dan Kode Alat	
		Tangki 3 (TT-103)	Akumulator (V-101)
1.	Fungsi	Menyimpan produk samping LPG	Menampung embunan yang berasal dari kondensor
2.	Tipe	Tangki <i>silinder horizontal</i>	Tangki silinder horizontal
3.	Lokasi	<i>Outdoor</i>	<i>Outdoor</i>
4.	Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
5.	Kapasitas (kg/jam)	20.532,78	88,09
6.	Kondisi operasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekanan : 10,15atm</li> <li>• Suhu : 29,44°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekanan : 10 atm</li> <li>• Suhu : 19,95°C</li> </ul>
7.	Ukuran alat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter : 31 ft</li> <li>• Panjang : 92 ft</li> <li>Tebal shell : 0,75 in</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter : 3,5 m</li> <li>• Panjang : 10,5 m</li> <li>• Tebal shell : 1 in</li> </ul>
8.	Jumlah alat (unit)	11	1
9.	Harga (USD)	123,291	15,566

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Condensor Partial 1* dan *Vaporizer 1*

No.	Spesifikasi	Nama dan Kode Alat	
		Codensor partial 1 (E-104)	Vaporizer 1 (E-101)
1.	Fungsi	Mengembunkan gas condensable keluar dari JC-01	Menguapkan sebagian bahan baku propan
2.	Tipe	Shell and Tube Heat Exchanger (1-1)	<i>Shell and tube</i>
3.	Lokasi	<i>Outdoor</i>	<i>Outdoor</i>
4.	Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>	<i>Stainless steel</i>
5.	Pendingin /pemanas yang <u>digunakan</u>	Air	<i>Steam</i>
6.	Kecepatan Umpan masuk (kg/Jam)	33,580.49	34.166,53
7.	Kecepatan pendingin/pemanas (kg/Jam)	821,8641	12.692,33
8.	Luas Transfer Panas (ft <sup>2</sup> )	2.832,1061	564,08
9.	Ukuran alat	a. Tube <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter luar (OD) : 1 in = 0.0254 m</li> <li>• Diameter dalam (ID) : 0.87 in = 0.022098 m</li> <li>• Luas aliran setiap pipa (at) : 0.594 in<sup>2</sup></li> <li>• Luas permukaan(ao) : 0.2277 sqft/ft</li> <li>• Sch No : 40</li> <li>• Jumlah tube : 307 buah</li> </ul>	a. Tube <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Diameter luar (OD) : 1,5 in</li> <li>○ Diameter dalam (ID) : 1,4 in</li> <li>○ Luas aliran setiap pipa (at) : 1,54 in<sup>2</sup></li> <li>○ Luas permukaan(ao) : 0,3925 sqft/ft</li> </ul>

Tabel 3. 5 Lanjutan Spesifikasi *Condensor Partial 1* dan *Vaporizer 1*

No.	Spesifikasi alat	Codensor partial 1 (E-104)	Vaporizer 1 (E-101)
	Ukuran alat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Susunan : Square pitch</li> <li>• Panjang tube : 14 ft = 4.268 m</li> </ul> b. Shell <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter dalam (ID) : 0.4382 m</li> <li>• Pass (n) : 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sch No : 40</li> <li>• Jumlah tube : 79 buah</li> <li>• Susunan : Square pitch</li> <li>• Panjang tube : 18 ft</li> <li>• Pass : 1</li> </ul> b. Shell <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter dalam (ID) : 23,25 in</li> <li>• Pass (n) : 1</li> </ul>
10.	Jumlah alat (unit)	1	1
11.	Harga (USD)	26.596	26.596



Tabel 3. 7 Spesifikasi *Cooler 1 & Cooler 2*

No.	Spesifikasi	Nama dan Kode Alat	
		Cooler 1 (E-102)	Cooler 2 (E-103)
1.	Fungsi	Mendinginkan gas produk keluar reactor R-101	Mendinginkan gas keluar kompresor stage 1
2.	Tipe	<i>Shell and tube 1-2</i>	<i>Shell and tube 1-2</i>
3.	Lokasi	<i>Outdoor</i>	<i>Outdoor</i>
4.	Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>	<i>Stainless steel</i>
5.	Pendingin /pemanas yang digunakan	Air	Air
6.	Kecepatan Umpan masuk (kg/jam)	34.166,53	34.166,53
7.	Kecepatan pendingin/pemanas (kg/jam)	1.354.284,531	107.436,2727
8.	Beban Panas (kcal/jam)	12.027.293	954.133
9.	Luas Transfer Panas (ft <sup>2</sup> )	1.251,3462	416,8924
10.	Ukuran alat	a. Tube <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter luar (OD) : 1,5 in</li> <li>• Diameter dalam (ID) : 1,4 in</li> <li>• Luas aliran setiap pipa (at) : 1,54 in<sup>2</sup></li> <li>• Luas permukaan(ao) : 0,3925 sqft/ft</li> <li>• Sch No : 40</li> </ul>	a. Tube <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter luar (OD) : 1,5 in</li> <li>• Diameter dalam (ID) : 1,4 in</li> <li>• Luas aliran setiap pipa (at) : 1,54 in<sup>2</sup></li> <li>• Luas permukaan (ao) : 0,3925 sqft/ft</li> <li>• Sch No : 40</li> </ul>



Tabel 3. 8 Lanjutan Spesifikasi *Cooler 1 & Cooler 2*

No.	Spesifikasi	Cooler 1 (E-102)	Cooler 2 (E-103)
	Ukuran alat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah tube : 132 buah</li> <li>• Susunan : Square pitch</li> <li>• Panjang tube : 24 ft</li> <li>• Pass : 2</li> <li>• Shell</li> <li>• Diameter dalam (ID) : 33 in</li> <li>• Pass (n) : 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah tube : 44 buah</li> <li>• Susunan : Square pitch</li> <li>• Panjang tube : 24 ft</li> <li>• Pass: 2</li> <li>b. Shell</li> <li>• Diameter dalam (ID) : 19,25 in</li> <li>• Pass (n) : 1</li> </ul>
11.	Jumlah alat (unit)	1	1
12.	Harga (USD)	42,781	26,802

Tabel 3. 9 Spesifikasi Cooler 3 &amp; Kondensor 1

No.	Spesifikasi	Nama dan Kode Alat	
		Cooler 3 (E-104)	Kondensor 01 (E-106)
1.	Fungsi	Mendinginkan umpan masuk T- 101	Mengembunkan hasil atas T-101
2.	Tipe	<i>Shell and tube 1-2</i>	<i>Shell and tube 1-2</i>
3.	Lokasi	<i>Outdoor</i>	<i>Outdoor</i>
4.	Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>	<i>Stainless steel</i>
5.	Pendingin /pemanas yang digunakan	Air	Freon R-22
6.	Kecepatan Umpan masuk (kg/jam)	31.565,6566	11.903,0896
7.	Kecepatan pendingin/pemanas(kg/jam)	38.192,96718	85.946,839
8.	Beban Panas (kcal/jam)	339,189	1.287.826,7925
9.	Luas Transfer Panas (ft <sup>2</sup> )	1.055,9915	5.667,3231
10.	Ukuran alat	a. Tube <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter luar (OD) : 1,5 in</li> <li>• Diameter dalam (ID) : 1,4 in</li> <li>• Luas aliran setiap pipa (at) : 1,54 in<sup>2</sup></li> <li>• Luas permukaan(ao) : 0,3925 sqft/ft</li> </ul>	a. Tube <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter luar (OD) : 1 in</li> <li>• Luas aliran setiap pipa (at) : 0,7755 in<sup>2</sup></li> <li>• Luas permukaan(ao) : 0,2618 sqft/ft</li> <li>• Sch No : 40</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sch No : 40</li> </ul>	

Tabel 3. 10 Lanjutan Spesifikasi Cooler 3 &amp; Kondensor 1

No.	Spesifikasi	Cooler 3 (E-104)	Kondensor 01 (E-106)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah tube: 111 buah</li> <li>• Susunan : Square pitch</li> <li>• Panjang tube : 24 ft</li> <li>• Pass : 2</li> </ul> b. Shell <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter dalam (ID) : 19,25 in</li> <li>• Pass (n) : 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah tube : 1.353 buah</li> <li>• Susunan : Square pitch</li> <li>• Panjang tube : 48 ft</li> <li>• Pass : 4</li> </ul> b. Shell <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter dalam (ID) : 210 in</li> <li>• Pass (n) : 2</li> </ul>
11.	Jumlah alat (unit)	1	1
12.	Harga (USD)	30.720	137.208

Tabel 3. 11 Spesifikasi *Reboiler 1*

No.	Spesifikasi	Nama dan Kode Alat
		Reboiler 1 (E-107)
1.	Fungsi	Menguapkan sebagian hasil bawah T-101
2.	Tipe	<i>Shell and tube</i>
3.	Lokasi	<i>Outdoor</i>
4.	Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>
5.	Pendingin /pemanas yang digunakan	steam
6.	Kecepatan Umpan masuk (kg/jam)	3.830,7826
7.	Kecepatan pendingin/pemanas(kg/jam)	79.542,54
8.	Beban Panas (kg/jam)	395.296,0956
9.	Luas Transfer Panas (ft <sup>2</sup> )	908
10.	Ukuran alat	a. Tube <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter luar (OD) : 1,5 in</li> <li>• Diameter dalam (ID) : 1,4 in</li> <li>• Luas aliran setiap pipa (at) : 1,54 in<sup>2</sup></li> <li>• Luas permukaan(ao) : 0,3925 sqft/ft</li> <li>• Sch No : 40</li> </ul>

Tabel 3. 11 Spesifikasi Lanjutan *Reboiler 1*

	Spesifikasi	Reboiler 1 (E-107)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah tube : 492 buah</li> <li>• Susunan : Square pitch</li> <li>• Panjang tube : 24 ft</li> <li>• Pass : 4</li> <li>b. Shell</li> <li>• Diameter dalam (ID) : 78 in</li> </ul> Pass (n) : 1
11.	Jumlah alat (unit)	1
12.	Harga (USD)	47.626

Tabel 3. 12 Spesifikasi *Separator 1 & Separator 2*

No.	Spesifikasi	Nama dan Kode Alat	
		Separator 1 (FG101)	Separator 2 (FG-102)
1.	Fungsi	Memisahkan cairan dan uap yang terbentuk di E-101	Memisahkan uap dan cairan keluar E-104
2.	Tipe	<i>Vertical drum separator</i>	<i>Horizontal drum separator</i>
3.	Lokasi	<i>Outdoor</i>	<i>Outdoor</i>
4.	Volume (m <sup>3</sup> )	761,653	3343,92
5.	Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>	<i>Stainless steel</i>
6.	Kondisi operasi	a. Tekanan : 10,26 atm b. Suhu : 31,75°C	a. Tekanan : 30 atm c. Suhu : 61,25°C
7.	Ukuran alat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter : 6 ft</li> <li>• Panjang : 27 ft</li> </ul> Tebal shell : 0,625 in	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter : 10 ft</li> <li>• Panjang : 43,62 ft</li> </ul> Tebal shell : 0,45 in
8.	Jumlah alat (unit)	1	1
9.	Harga (USD)	19.174	27.112



Tabel 3. 13 Spesifikasi *Expansion Valve 01 & Expansion Valve 02*

No.	Spesifikasi	Nama dan Kode Alat	
		Expansion Valve 01 (EXP-101)	Expansion Valve 02 (EXP-102)
1.	Fungsi	Menurunkan tekanan bahan baku masuk reactor	Menurunkan tekanan fluida masuk T-101
2.	Tipe	Gate valve	Gate valve
3.	Lokasi	<i>Outdoor</i>	<i>Outdoor</i>
4.	Kapasitas	1,64	1,57
5.	Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>	<i>Stainless steel</i>
6.	Head valve	12,86 ft	42,03 ft
7.	Jumlah alat (unit)	1	1
8.	Harga (USD)	5.939	5.939

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Expansion Valve 03*

No.	Spesifikasi	Nama dan Kode Alat
		Expansion Valve 03 (EXP-03)
1.	Fungsi	Menurunkan tekanan keluaran akumulator menuju T-101
2.	Tipe	Gate valve
3.	Lokasi	<i>Outdoor</i>
4.	Kapasitas	8.06
5.	Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>
6.	Head valve	5.83 ft
7.	Jumlah alat (unit)	1
8.	Harga (USD)	5.939

Tabel 3. 15 Spesifikasi Kompresor 01

No.	Spesifikasi	Nama dan Kode Alat
		Kompresor 01 (JC-101)
1.	Fungsi	Menaikkan tekanan gas hasil reaksi
2.	Tipe	<i>Sentrifugal Multistage</i>
3.	Lokasi	<i>Outdoor</i>
4.	Suhu dan tekanan suction	70°C, 1,96 atm
5.	Suhu dan tekanan discharge	106,83°C, 30 atm
6.	Kapasitas (kg/jam)	652.374,3
7.	Jumlah stage	2
8.	Compression ratio	15,27
9.	BHP	40 HP
10.	Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>
11.	Jumlah	2
12.	Harga	23.297

Tabel 3. 16 Spesifikasi Pompa 01 &amp; Pompa 02

No.	Spesifikasi	Nama dan Kode Alat	
		Pompa 01 (P-101 A/B)	Pompa 02 (P-102 A/B)
1.	Fungsi	Mengalirkan bahan baku propan dari TT-101 menuju E-101	Mengalirkan hasil atas T-101 menuju TT-102
2.	Tipe	pompa sentrifugal	pompa sentrifugal
3.	Lokasi	<i>Outdoor</i>	<i>Outdoor</i>
4.	Kapasitas (kg/jam)	1,6116	0,58
5.	Total head	42,22 ft	32,81 ft
6.	Tekanan suction	10,26 atm	10 atm
7.	Tekanan discharged	10,26 atm	12,84 atm
8.	BHP	2,35 HP	30 HP
9.	RPM	200	800
10.	Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>	<i>Stainless steel</i>
11.	Jumlah	2	2
12.	Harga	4.330	2.165

Tabel 3. 17 Spesifikasi Pompa 03

No.	Spesifikasi	Nama dan Kode Alat	No.	Spesifikasi	Pompa 03(P-103 A/B)
		Pompa 03 (P-103 A/B)			
1.	Fungsi	Mengalirkan hasil bawah T-101 menuju TT-013	10.	Bahan konstruksi	Stainless steel
2.	Tipe	<i>Outdoor</i>	11.	Jumlah	2
3.	Lokasi	pompa sentrifugal	12.	Harga	\$ 3.608
4.	Kapasitas (kg/jam)	1,0046			
5.	Total head	32,90 ft			
6.	Tekanan suction	10 atm			
7.	Tekanan discharged	10,16 atm			
8.	BHP	50 HP			
9.	RPM	500			



### 3.3 Perencanaan Produksi

#### 3.3.1 Analisis Produk

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku Propane diperoleh dari pabrik PT. Pertamina (LPG) di Cilegon, Banten.

Tabel 3. 18 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan Bahan Baku (ton/tahun)	Rerata Ketersediaan Bahan Baku (ton/tahun)
Kebutuhan Propana	98.542,86	7.400.000

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku propilen dapat memenuhi kebutuhan pabrik, atau dengan kata lain ketersediaan bahan baku aman untuk proses produksi.

#### 3.3.2 Analisis Kebutuhan Alat 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.

