

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Tahapan Proses

Proses pembuatan propilen glikol dibagi menjadi empat tahap, yaitu :

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

3.1.1 Tahap Penyimpanan Bahan Baku

Salah satu bahan baku untuk memproduksi propilen glikol adalah propilen oksida. Propilen oksida disimpan pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm. Hal ini dilakukan agar propilen oksida tetap dalam fase cair. Sedangkan untuk air disimpan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Propilen oksida diperoleh dengan kemurnian 92%.

3.1.2 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku bertujuan untuk menyiapkan propilen oksida, air sebelum masuk reaktor. Propilen oksida dari T-101, air dari T-102, dipompa untuk menaikkan tekanan fluida dan dipanaskan sampai suhu 150°C dan tekanan 11,57 atm. Suhu dan tekanan ini disesuaikan dengan kondisi operasi dalam reaktor.

3.1.3 Tahap Reaksi

Umpan masuk reaktor terdiri dari arus umpan dari tangki propilen oksida (T-101), tangki air (T-102). Rasio mol propilen oksida dan air yang digunakan adalah 1:12,9. Konversi reaksi yang terjadi sebesar 89,98% dengan selektivitas 87,3% membentuk propilen glikol dan 12,7% membentuk dipropilen glikol.

Reaktor yang digunakan dalam proses pembuatan propilen glikol adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan kondisi operasi pada suhu 150°C dan tekanan 11,57 atm. Reaksi pembentukan propilen glikol merupakan reaksi eksotermis, sehingga dalam proses reaksinya diperlukan pendingin agar kondisi operasi dapat terjaga sesuai yang diinginkan. Pendingin yang digunakan adalah jaket pendingin dengan media pendinginnya adalah air.

3.1.4 Tahap Pemurnian

Pada tahap pemurnian, *excess water* yang terkandung dalam keluaran reaktor (R-102) akan diuapkan dengan evaporator (E-101). Keluaran reaktor pada 150°C dan 11,57 atm diturunkan suhu dengan cooler (HE-102) dan tekanan dengan expansion valve (EV-101) hingga didapat kondisi operasi 100°C dan 3,42 atm sebelum diumpankan dalam evaporator. Semua hasil larutan keluar dari evaporator yang telah diturunkan suhu dan tekanan dialirkan menuju menara distilasi (MD-101) dengan umpan sebesar 4.042 kg/jam masuk pada suhu 115°C dan dengan tekanan 1,31 atm. Pada menara distilasi ini menghasilkan produk atas

dan bawah. Produk bawah menara distilasi (MD-101) sebagian dikembalikan ke dalam menara bagian bawah setelah diuapkan terlebih dahulu fasenya dengan reboiler dan sebagian lagi berupa produk utama propilen glikol dengan kemurnian 92,6% sebanyak 2.904 kg/jam yang selanjutnya disimpan dalam tangki penyimpanan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Sedangkan produk yang telah melalui kondensor (E-105) sebagian dikembalikan ke dalam menara distilasi bagian atas dan sebagian lagi dialirkan ke dalam tangki penyimpanan.

3.2 Spesifikasi Alat

3.2.1 Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

Kode Alat	R-101 n R-102
Fungsi	Tempat terjadinya reaksi propilen oksida dan air menjadi propilen glikol
Jenis	Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB)
Fase	Cair
Spesifikasi Alat	
Tekanan Operasi	11,57 atm
Suhu Operasi	150°C
Diameter	2,438 m
Tinggi	4.876 m
Tebal Shell	1 in
Tebal Head	1,625 in
Spesifikasi Pengaduk	
Jenis Pengaduk	<i>Turbine with 6 flat vertical blades</i>
Jumlah <i>baffle</i>	1 buah
Daya Pengaduk	40 Hp
Spesifikasi jaket pendingin	
Diameter dalam	96 in
Diameter luar	102 in
Tebal jaket	1 in
Tinggi jaket	1,604 m
Jumlah	2
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Harga (US \$)	73.587,73

3.2.2 Menara Destilasi

Tabel 3. 2 Spesifikasi Menara Destilasi

Kode Alat	MD-101
Fungsi	Memisahkan produk propilen glikol sebanyak 2.904 kg/jam
Jenis Plate	<i>Sieve Tray Distilation Tower</i>
Kondisi Operasi :	
Puncak Menara :	
Tekanan	1,13 atm
Suhu	109°C
Umpan :	
Tekanan	1.31 atm
Suhu	115,93°C
Dasar Menara :	
Tekanan	1,47
Suhu	200,45°C
Diameter Puncak	0,8 m
Diameter Dasar	2,26 m
Tinggi	11,36 m
Tebal Shell	3/16 in
Tebal Head	1/4 in
Bahan	<i>Stainless SA 240 Grade B</i>
Harga (US \$)	588.701,8

3.2.3 Evaporator

Tabel 3. 3 Spesifikasi Evaporator

Kode Alat	E-101
Fungsi	Menguapkan impuritas agar didapat kemurnian propilen glikol lebih tinggi
Jenis	<i>Shell & Tube</i>
Tekanan Operasi	3,42 atm
Suhu Operasi	140°C
Panjang Tube	24 ft
Jumlah Tube	1377 buah
<i>Tube Pass</i>	4
<i>Shell Pass</i>	1
Bahan	Plate High-Alloy Steels SA-283 Grade C
Harga (US \$)	49.058,48

3.2.4 Condensor

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Condensor Partial* (CDP-101)

Kode Alat	CDP-101
Fungsi	Mengembunkan uap air hasil evaporasi di arus 6
Jenis	<i>Shell and tube heat exchanger</i>
Kebutuhan pendingin	4907,16 kg/jam
Tube side	
OD	1 in
BWG	18
Panjang	16 ft
Jumlah Tube	86
Pass	2
Hio	154503.5016
<i>Pressure drop</i>	0,003981189 psi
Shell side	
ID	15,25 in
Ho	800
Pressure drop	0.11 psi
Uc	795.88
Ud	70
Rd hitung	0.0135
Bahan	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Harga (US \$)	9.811,7

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Condensor* (CD-102)

Kode Alat	CD-102
Fungsi	Mengembunkan uap keluaran dari puncak MD-101 pada suhu 109 °C
Jenis	<i>Double pipe heat exchanger</i>
Kebutuhan pendingin	1985,78 kg/jam
<i>Inner pipe</i>	
OD	2,38 in
ID	2,067 in
<i>Pressure drop</i>	0,0229 psi
<i>Annulus</i>	
OD	3,5 in
ID	3,068 in
Pressure drop	0,522 psi
Bahan	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Harga (US \$)	1.349,11

3.2.5 Reboiler

Tabel 3. 6 Spesifikasi Reboiler

Kode Alat	RB-101
Fungsi	Menguapkan sebagian hasil bawah MD-101 pada suhu 200,45 °C
Jenis	<i>Shell and tube heat exchanger</i>
Tube side	
OD	3/4 in
BWG	18
Panjang	16 ft
Jumlah Tube	361
Pass	1
Hio	213,232
<i>Pressure drop</i>	0,0041 psi
Shell side	
ID	21,25 in
Ho	148,632
Pressure drop	2,4646 psi
Uc	87,58
Ud	70
Rd hitung	0,0034
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Harga (US \$)	208,498

3.2.6 Tangki Penyimpanan

Tabel 3. 7 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Kode Alat	T-101	T-102	T-103	T-104
Fungsi	Menyimpan kebutuhan propilen oksida sebanyak 2890 kg/jam selama 21 hari.	Menyimpan kebutuhan air Sebanyak 11.570 kg/jam selama 21 hari.	Menyimpan keluaran arus atas MD (Dipropilen glikol .air propilen oksida) sebanyak 756 kg/jam selama 21 hari.	Menyimpan propilen glikol sebanyak 2904 kg/jam selama 21 hari.
Jenis	Silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>ellipsoidal</i>	Silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>	Silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>	Silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Jumlah (buah)	1	1	1	1
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Kapasitas (m ³)	2090,8094	3998,8475	489,7261	1920,4435
Tekanan (atm)	1	1	1	1
Suhu (°C)	30	30	30	30
Dimensi :				
- Diameter tangki (m)	18,2880	24,3840	12,1920	21,35
- Tinggi shell (m)	7,2084	9,1440	5,4864	7,3152
- Tebal shell (in)	0,875	0,875	0,875	0,875
- Tinggi head (m)	4,6916	2,6530	0,6518	2,0200
- Tebal head (in)	0,625	2,8125	2,8125	2,8125
- Tinggi total (m)	11,9000	11,7970	6,1382	9,3352
- Tinggi larutan maks (m)	6,6280	7,1386	3,4974	4,4784
Harga (US \$)	171.704	269,821.66	61,323.10	98,116.97

3.2.7 Pompa

Tabel 3. 8 Spesifikasi Pompa

Kode	P-101	P-102	P-103	P-104
Fungsi	Mengalirkan propilen oksida dari tangki penyimpanan T-101) menuju reaktor	Mengalirkan air dari tangki penyimpanan (T-102) menuju reaktor.	Mengalirkan keluaran Kondensor (CD-101) menuju pengolahan Limbah	Mengalirkan keluaran Kondensor (CD-102) menuju Tangki Dipropilen Glikol (T-103)
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	15,401	50,94	44,32	3,041
Dimensi pipa :				
- IPS (in)	1 1/2	2 1/2	2 1/2	3/4
- Sch.No.	40	40	40	40
- OD (in)	1,9	2,88	2,88	1,05
- ID (in)	1,61	2,469	2,469	0,824
- a't (in ²)	2,04	4,79	4,79	0,534
Effisiensi motor	86%	87%	89%	89%
Motor standar (HP)	10,00	20,00	3,00	0,25
Bahan konstruksi	<i>commercial steel</i>	<i>commercial steel</i>	<i>commercial steel</i>	<i>commercial steel</i>
Harga (US \$)	2,084.99	2,452.92	2,207.63	1,349.11

3.2.8 Heat Exchanger (HE-101)

Tabel 3. 9 Spesifikasi heat exchanger

Kode Alat	HE-101	
Fungsi	Memanaskan arus 3 yang keluar dari <i>Mixpoint</i> sebanyak 14461,008 kg/jam sebelum masuk reaktor (R-101)	
Jenis	<i>Double pipe</i>	
Pemanas/pendingin	Steam jenuh	
Aliran fluida annulus	Arus 3	
Aliran fluida pipe	Steam jenuh	
Luas transfer panas (ft ²)	196,68	
Spesifikasi :		
Sch No 40		
	Annulus	Pipe
- Panjang (ft)	12	
- Jumlah hairpin	7	
- Pressure drop (psi)	0,63	0,08
- dirt factor (Rd)	0,0039	
- Ud (W/m ² C)	194,78	
- Uc (W/m ² C)	819,01	
- Bahan konstruksi	<i>carbon steel</i>	<i>carbon steel</i>
- Harga (US \$)	1,717.05	

Tabel 3.9. Spesifikasi *heat exchanger* (lanjutan)

KODE	HE-102	HE-103	HE-104	HE-105
Fungsi	Mendinginkan suhu keluaran reaktor pada arus 5 sebanyak 14461,008 kg/jam dari suhu 30°C ke 150°C	Menurunkan suhu hasil bawah evaporator sebelum masuk ke MD-101 dari 140 °C menjadi 115 °C pada arus 8	Mendinginkan suhu keluaran MD-101 atas pada arus 11 sebanyak 627,410kg/jam dari suhu 109 °C ke 30 °C	Mendinginkan suhu keluaran MD-101 bawah pada arus 14 sebanyak 3415,054 kg/jam dari suhu 200 °C ke 30 °C
Jenis	Shell and tube heat exchanger	Shell and tube heat exchanger	Shell and tube heat exchanger	Shell and tube heat exchanger
Aliran fluida <i>shell</i>	Arus 5	Arus 8	Arus 11	Arus 14
<i>Passes tube</i>	1	1	1	1
Panjang (ft)	16	16	24	24
BWG	18	18	18	18
Susunan tube	triangular pitch	triangular pitch	triangular pitch	triangular pitch
<i>Rd calculated</i>	0,008	0,01	0,0046	0,0053
Bahan Kontruksi	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Harga (US \$)	22,076.32	26,982.17	31,888.01	367,938.63

3.2.9 Expansion Valve

Tabel 3. 10 Spesifikasi Expansion Valve

Kode	EV-101	EV-102	EV-103	EV-104
Fungsi	Menurunkan tekanan keluaran reactor dari 11,5668 atm menjadi 3 atm	Menurunkan tekanan keluaran Evaporator atas (E-101) dari 3,42 atm menjadi 0,03 atm	Menurunkan tekanan keluaran Evaporator bawah (E-101) dari 3,42 atm menjadi 1,31 atm	Menurunkan tekanan keluaran Menara Destilasi (MD-101) dari 1,13 atm menjadi 1 atm
Jenis	<i>Globe Valve Half Open</i>	<i>Globe Valve Half Open</i>	<i>Globe Valve Half Open</i>	<i>Globe Valve Half Open</i>
Bahan Kontruksi	<i>Comercial stainless steel (Austenitic) AISI tipe 316</i>	<i>Comercial stainless steel (Austenitic) AISI tipe 316</i>	<i>Comercial stainless steel (Austenitic) AISI tipe 316</i>	<i>Comercial stainless steel (Austenitic) AISI tipe 316</i>
Dimensi :				
- NPS (in)	2	1 ¼	¾	1
- OD (in)	2,38	1,66	1,05	1,32
- ID (in)	2,067	1,38	0,824	1,049
- a't (in ²)	3,35	1,5	0,534	0,864
- Sch	40	40	40	40
Harga (US \$)	735.88	613.23	674.55	600.97

3.2.10 Accumulator

Tabel 3. 11 Spesifikasi Accumulator

Kode	ACC-101
Fungsi	Menampung sementara hasil atas MD-01 dengan waktu tinggal 5 menit
Jenis	Silinder horizontal dengan ellipsoidal head
Dimensi	
- Panjang	1,5 m
- Diameter	0,5 m
- Tebal shell	0,1875 in
- Tebal Head	0,25 in
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Harga (US \$)	2,575.57

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan propilen glikol di Indonesia, mulai dari ketersediaan bahan baku hingga ketentuan kapasitas ekonomis. Melihat kebutuhan glikol dari tahun ke tahun yang mengalami peningkatan menunjukkan bahwa melesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan propilen glikol akan terus meningkat seiring kebutuhan pada kondisi sekarang. Maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 27.000 ton/tahun. Dalam penentuan kapasitas produksi, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

1. Proyeksi Kebutuhan dalam Negeri

Berdasarkan data statistik yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) tentang kebutuhan propilen glikol di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung mengalami peningkatan.

Dengan kapasitas tersebut diharapkan :

- Dapat menghemat devisa negara karena laju import propilen glikol dapat ditekan seminimal mungkin.
- Dapat memenuhi kebutuha dalam negeri.

2. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan propilen glikol dan penentuan kapasitas produksi pada suatu pabrik. Kebutuhan propilen oksida sebagai bahan baku dipenuhi dengan impor karena produksi propilen oksida di Indonesia sendiri tidak ada. Diharapkan kebutuhan bahan baku propilen oksida dapat diperoleh dari P.T Dow Chemical Thailand Ltd. yang bertempat di Bangkok, Thailand dengan kapasitas produksi 300.000 ton/tahun (Dow Chem). Dow chem adalah perusahaan yang telah lama berdiri dengan kualitas produksi yang terjaga baik serta Thailand adalah negara tetangga yang masih masuk kawasan ASEAN. Hal tersebut memudahkan distribusi bahan baku dari Thailand ke Indonesia.

3.3.2 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

Dalam penyusunan rencana produksi ada beberapa hal penting yang perlu diperhatikan, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal terletak pada kemampuan pabrik sedangkan faktor eksternal adalah suatu hal yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan.

1. Kemampuan Pasar

- Ketika kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka perencanaan produksi disusun secara maksimal.
- Ketika produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- Ketika rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan di tahun berikutnya.

2. Kemampuan Pabrik

- Material (bahan baku)

Dalam pemilihan dan pemakaian material yang memenuhi kualitas serta kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

- Manusia (tenaga kerja)

Dengan memberikan beberapa pelatihan terhadap karyawan, sehingga akan meningkatkan keterampilan dan bisa memaksimalkan kinerjanya.

- Mesin (peralatan)

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