

BAB III

PERANCANGAN PROSES

Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan dalam perancangan pabrik, maka perlu disusun tahapan-tahapan mulai dari mempersiapkan bahan baku hingga memproses produk yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

3.1 Uraian Proses

Proses pembuatan metil klorida secara umum dapat dibagi menjadi tiga tahapan:

1. Pemisahan bahan baku
2. Proses reaksi dalam reaktor
3. Pemisahan dan pemurnian produk

1. Pemisahan bahan baku

Dalam proses pembuatan metil klorida dengan metode hidroklorinasi, bahan baku yang dibutuhkan adalah asam klorida (HCl) dan metanol (CH₃OH). Metanol cair dengan kemurnian 99,3% dari tangki penyimpanan yang bekerja pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C diumpankan ke dalam *Vaporizer* 1 yang bekerja pada tekanan 1,935 atm dan suhu 85,2 °C. Hasil penguapan dari *Vaporizer* 1 lalu diumpankan pada separator drum 1 untuk dipisahkan antara kandungan air dan

metanol. Hasil bawah separator drum 1 berupa sejumlah kecil metanol dan air di-*recycle* kembali ke *Vaporizer* 1 untuk diumpangkan kembali. Sedangkan hasil atas *Separator Drum* 1 diumpangkan ke *Heat Exchanger* untuk dipanaskan hingga 105°C, suhu dimana reaksi hidroklorinasi berjalan.

Bahan baku lainnya berupa HCl gas dengan kemurnian 100% dari tangki penyimpanan bertekanan 10 atm dan suhu 30°C dinaikkan suhunya menggunakan heat exchanger sehingga suhunya menjadi 105°C. Lalu HCl ini diumpangkan ke Expansion valve untuk diturunkan tekanannya menjadi 1,935 atm. Umpan keluar dari Expansion Valve akan dialirkan ke dalam reaktor Fixed Bed sebagai reaktan.

2. Proses reaksi dalam reaktor

Umpan masuk reaktor meliputi gas campuran metanol, asam klorida, dan air yang keluar dari *Heat Exchanger* serta *recycle* dari hasil atas Menara Destilasi 1 yang mengandung gas HCl dan CH₃Cl. Reaktor yang digunakan adalah *fixed-bed reactor* yang bekerja secara adiabatik dan menggunakan katalis alumina gel.

Kondisi masuk reaktor adalah dengan suhu 105°C dan tekanan 1,935 atm, sedangkan kondisi keluarnya adalah suhu 143°C dan tekanan 1,935 atm. Di dalam reaktor terjadi reaksi hidroklorinasi metanol yang menghasilkan produk metil klorida dan air dengan konversi 95%. Karena reaksi berjalan secara adiabatik isothermal, tidak dibutuhkan pendingin tambahan.

3. Pemisahan dan Pemurnian Produk

Arus keluar reaktor didinginkan dengan memanfaatkan panasnya untuk memanaskan umpan masuk reaktor. Arus keluar reaktor lalu diembunkan dengan

menggunakan kondensor. Arus keluar reaktor lalu dipisahkan di *Separator Drum* 2 yang mana hasil atas berupa gas akan menjadi umpan masuk ke Menara Destilasi 1. Sedangkan hasil bawah akan diolah di Unit Pengolahan Limbah (UPL). Sebelum masuk ke Menara Destilasi 1, hasil atas Separator Drum akan didinginkan dahulu menggunakan Cooler.

Di Menara Destilasi 1, umpan masuk akan dipisahkan berdasarkan titik didihnya. Hasil atas merupakan komponen bertitik didih rendah yaitu asam klorida dan metil klorida, yang kemudian akan di-*recycle* ke reaktor. Sementara hasil bawah akan diumpankan kembali ke Menara Destilasi 2. Proses di Menara Destilasi 2 menghasilkan produk berupa gas metil klorida dengan kemurnian 99% yang merupakan hasil atasnya. Sementara hasil bawah menara destilasi ini berupa campuran metil klorida, metanol dan air akan dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL).

3.2 Spesifikasi Alat Proses

Tabel 3.1 Spesifikasi tangki penyimpanan

Nama	Tangki Penyimpanan Asam Klorida	Tangki Penyimpanan Metil Klorida	Tangki Penyimpanan Metanol
Kode	T-02	T-03	T-01
Fungsi	Menyimpan Asam klorida selama 14 hari sebanyak 20.082.480 kg	Menyimpan Metil klorida sebanyak 13.714.375 kg selama 7 hari	Menyimpan bahan baku metanol selama 7 hari sebanyak 9.779.055 kg
Jenis	<i>Spherical</i> Tank	<i>Spherical</i> Tank	Silinder tegak dengan <i>conical head</i>
Fase	Gas	Gas	Cair
Jumlah	1	1	1
Kondisi Operasi	30 °C dan 20 atm	20 °C dan 2,2 atm	30 °C dan 1 atm
Bahan	<i>Stainless Stell SA -240C</i>	<i>Stainless Stell SA -240C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
Diameter tangki (m)	28,8	42,02	24,56
Tebal dinding tangki (in)	0,4587	0,1298	-
Tinggi Tangki (m)	-	-	6,86
Tebal Shell (in)	<i>Course 1</i>	-	1,38
	<i>Course 2</i>	-	1,24
	<i>Course 3</i>	-	1,1
	<i>Course 4</i>	-	0,96
	<i>Course 5</i>	-	0,82
	<i>Course 6</i>	-	0,68
	<i>Course 7</i>	-	0,54
	<i>Course 8</i>	-	0,4
	<i>Course 9</i>	-	0,26
	<i>Course 10</i>	-	0,25
Tebal head (in)	-	-	0,25
Tebal roof (in)	-	-	1,38
Tinggi roof (m)	-	-	2,828
Tinggi total (m)	-	-	9,688
Harga (\$)	79011,40428	73058,49026	59529,14021

Tabel 3.2 Spesifikasi separator

Nama	Separator 1	Separator 2
Kode	SD-01	SD-02
Fungsi	Memisahkan campuran uap dan cairan yang keluar dari <i>Vaporizer</i> pada suhu 85 °C.	Memisahkan Campuran uap air yang keluar dari Kondensor pada suhu 95 °C
Tipe	Tangki Silinder tegak <i>Torispherical Head</i>	Tangki Silinder tegak <i>Torispherical Head</i>
Jumlah	1	1
Diameter (m)	1,2	1,2
Tinggi (m)	4,5	3,5
Tebal <i>head</i> in	0,19	0,19
Tebal <i>shell</i> (in)	1	1
Harga (\$)	9200	16235

Tabel 3.3 Spesifikasi akumulator

Nama	Akumulator 1	Akumulator 2
Kode	ACC-01	ACC-02
Fungsi	Menampung sementara cairan hasil kondensasi CD-02 agar arus refluks dan distilat MD-01 stabil.	Menampung sementara cairan hasil kondensasi CD-03 agar arus refluks dan distilat MD-02 stabil.
Tipe	Tangki silinder horizontal	Tangki silinder horizontal
Jumlah	1	1
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-212 Grade B</i>	<i>Carbon Steel SA-212 Grade B</i>
Diameter (m)	0,7418	1,377
Panjang (m)	4,4507	8,26
Volume (ft ³)	47,7761	458,897
Suhu (K)	266,3102	266,3102
Tekanan (atm)	2,2	2,2
Waktu Tinggal (menit)	5	5
Tebal <i>shell</i> (in)	0,1875	0,1875
Tebal <i>head</i> (in)	0,1875	0,1875
Harga (\$)	6061,1	8225,8

Tabel 3.4 Spesifikasi menara destilasi

Nama		Menara Destilasi 1	Menara Destilasi 2
Kode		MD-01	MD-02
Fungsi		Memurnikan produk Metil klorida pada suhu 266 K dan tekanan 1,935 atm	Memurnikan produk Metil Klorida hasil keluaran MD-01 pada suhu 292 K dan 2,51 atm
Jumlah		1	1
Kondisi Operasi	Puncak menara	Suhu (K)	232
		Tekanan (atm)	2,17
	Dasar Menara	Suhu (K)	283
		Tekanan (atm)	2,51
	Umpan Menara	Suhu (K)	266
		Tekanan (atm)	1,935
Jumlah <i>plate</i>		23	20
Lokasi umpan masuk		<i>Stage ke-1 dari puncak</i>	<i>Stage ke-3 dari puncak</i>
<i>Tray spacing (m)</i>		0,6	0,6
<i>Diameter (m)</i>		3,4572	4,25
Tebal <i>shell (in)</i>		0,375	0,375
Tebal <i>head (in)</i>		0,4375	0,4375
Tinggi (m)		16,74	17,56
Bahan Konstruksi		<i>Stainless Steel SA 167 Grade C</i>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade C</i>
Harga (\$)		162352	173176

Tabel 3.5 Spesifikasi reaktor

Nama	Reaktor 1	
Kode	R-01	
Tugas	Tempat berlangsungnya reaksi uap metanol dan asam klorida menjadi metil klorida sebanyak 85021,710 kg/jam	
Tipe	<i>Fixed bed</i>	
Jumlah	1	
Kondisi	Adiabatis isotermal	
Tekanan (atm)	1,935	
Suhu masuk (oC)	105	
Suhu keluar (oC)	143	
Fase	Gas dengan katalis padat	
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 Grade C</i>	
Tebal dinding (in)	0,25	
Tebal head (in)	0,25	
Katalis	Jenis	Silika-alumina gel
	Bentuk	padatan gel silinder
	Densitas (gr/cm ³)	3,98
	Diameter	0,3696
Diameter kolom (m)	2,8	
Tinggi reaktor (m)	3,8439	
Harga (\$)	20889	

Tabel 3.6 Spesifikasi Pompa

Nama	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Pompa 4	Pompa 5	Pompa 6
Kode	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Fungsi	Mengalirkan bahan baku Metanol dari tangki truk menuju tangki penyimpanan.	Mengalirkan Metanol dari tangki penyimpanan menuju <i>Vaporizer</i>	Mengalirkan cairan dari Akumulator 1 kembali ke MD-01	Mengalirkan keluaran Reboiler 1 ke MD-02 sebagai recycle	Mengalirkan cairan dari Akumulator 2 kembali ke MD-02 sebagai recycle	Mengalirkan keluaran Reboiler 2 ke unit pengolahan limbah
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	402	402	802	786	750	550
Ukuran Pipa	ID (in)	5,761	5,761	7,625	7,625	7,625
	SCH	80	80	80	80	80
	NPS	6	6	8	8	8
Total head (m)	1,0726	1,0784	2,6074	2,4508	2,6074	2,6074
Daya pompa (HP)	1,477	1,485	3,664	3,664	3,843	3,764
Motor penggerak (HP)	1,85	1,8563	1,85	1,86	2,01	2,05
Putaran spesifik (rpm)	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Jumlah	2	2	2	2	2	2
Harga (\$)	4762,3	4762,3	4329,4	3788,2	5411,7	3788,2

Tabel 3.7 Spesifikasi blower

Nama	Blower 1	Blower 2	Blower 3	Blower 4	Blower 5	Blower 6	Blower 7	Blower 8
Kode	B-01	B-02	B-03	B-04	B-05	B-06	B-07	B-08
Fungsi	Mengalirkan bahan baku HCl dari tangki truk menuju tangki penyimpanan.	Mengalirkan HCl dari tangki penyimpanan menuju <i>Heater 2</i>	Mengalirkan Metanol dari Separator 1 menuju <i>Heater 1</i>	Mengalirkan hasil atas separator 2 menuju <i>Cooler 1</i>	Mengalirkan hasil atas MD-01 kembali ke reaktor sebagai recycle	Mengalirkan cairan dari Reboiler 1 kembali ke MD-01	Mengalirkan hasil atas MD-02 ke tangki penyimpanan produk	Mengalirkan hasil bawah MD-02 ke unit pengolahan limbah
Jenis	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>	<i>Centrifugal</i>
Kapasitas (gpm)	460	370	670	460	560	432	732	550
Ukuran Pipa	ID (in)	5,761	5,761	5,761	7,625	7,625	7,625	7,625
	SCH	80	80	80	80	80	80	80
	NPS	6	6	6	8	8	8	8
Total head (m)	2,67	3,08	2,97	4,27	3,25	3,87	2,25	4,75
Daya pompa (HP)	1,657	1,648	2,04	4,88	3,23	3,67	3,88	4,5
Motor penggerak (HP)	1,86	2,01	1,8563	1,85	1,8563	1,85	1,8563	2,01
Putaran spesifik (rpm)	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Jumlah	2	2	2	2	2	2	2	2
Harga (\$)	3571,7	3463,5	3571,7	3030,6	4978,8	5195,3	5195,3	3030,6

Tabel 3.8 Spesifikasi alat *heat exchanger shell and tube*

Nama	Kode	Fungsi	Bahan	Tekanan (atm)	Luas Transfer panas (ft ²)	Ud (Btu/jam.ft ² .F)	Uc (Btu/jam.ft ² .F)	Rd (jam.ft ² /Btu)	Jumlah	Harga (\$)
Vaporizer 1	VP-01	Memanaskan dan menguapkan umpan metanol dari tangki dengan menggunakan pemanas steam	<i>Carbonsteel SA 283 Grade C</i>	1	621,778	99,009	647,277	0,0086	1	36475
Heater 1	HE-01	Memanaskan dan menaikkan suhu Metanol dari suhu 65 °C ke 105 °C sebanyak 74551 kg/jam	<i>Carbonsteel SA 283 Grade C</i>	1,935	218,322	8,581	23,357	0,077	1	12772
Heater 2	HE-02	Memanaskan dan menaikkan suhu HCl dari suhu 30 °C ke 105 °C sebanyak 121196 kg/jam	<i>Carbonsteel SA 283 Grade C</i>	10	780,596	9,628	34,554	0,07	1	44160
Kondensor 1	CD-01	Mengembunkan sebagian gas yang keluar dari reaktor dengan <i>cooling water</i> bersuhu 416-352 K	<i>Stainless Steel SA 167 Grade C</i>	1,935	12973,166	172,105	264,239	0,00203	1	130098,23
Kondensor 2	CD-02	Mengembunkan hasil atas dari MD-01 dengan media pendingin <i>cooling water</i> bersuhu 303-318 K	<i>Carbonsteel SA 283 Grade C</i>	2,2	1845,34	79,917	2437,574	0,0121	1	91567
Kondensor 3	CD-03	Mengembunkan hasil atas dari MD-02 dengan media pendingin <i>Cooling water</i> bersuhu 303-318 K	<i>Carbonsteel SA 283 Grade C</i>	2,2	6215,299	149,954	299,818	0,0033	1	99143,077
Reboiler 1	RB-01	Menguapkan sebagian hasil bawah keluaran MD-01 dengan menggunakan pemanas steam	<i>Carbonsteel SA 283 Grade C</i>	2,5	4533,7255	99,99	528,23	0,0081	1	110940,67
Reboiler 2	RB-02	Menguapkan sebagian hasil bawah keluaran MD-02 dengan menggunakan pemanas <i>steam</i>	<i>Carbonsteel SA 283 Grade C</i>	2,51	5902,73	99,941	429,506	0,0077	1	118841,81
Cooler 1	CL-01	Mendinginkan hasil atas separator 2 sebanyak 120821,511 kg/jam	<i>Carbonsteel SA 283 Grade C</i>	1,935	7035,058	120,424	274,557	0,00466	1	120140,63

Lanjutan tabel 3.8

Nama	Shell side							Tube side									
	Hot/cold	Fluid	Suhu (oC)	ID (in)	Pass	Baffle (in)	Pres. Drop (Psi)	Hot/cold	Fluid	Suhu (oC)	OD (in)	Pass	BWG	Panjang (ft)	Jumlah	Pitch	Pres.drop (Psi)
Vaporizer 1	<i>Cold</i>	metanol	30-65	24	1	6	2,83	<i>Hot</i>	Steam	160	0,75	1	16	16	200	0,9375	0,0897
Heater 1	<i>Hot</i>	steam	291-335	15,3	1	7,6	0,00018	<i>Cold</i>	Gas metanol	65-105	0,75	1	16	16	81	4	21,616
Heater 2	<i>Hot</i>	steam	291-335	25	1	12,5	0,00018	<i>cold</i>	gas asam klorida	30-105	0,75	4	16	10	413	1	1,30958
Kondensor 1	<i>Cold</i>	cooling water	30-100	48	1	24	8,098	<i>hot</i>	gas keluaran reaktor	143-195	0,75	1	16	16	3600	1	0,0019
Kondensor 2	<i>cold</i>	cooling water	30-45	15,25	1	7,625	9,2933	<i>hot</i>	gas keluaran MD-01	(-40) - (-6)	1	2	16	16	160	1,25	0,1574
Kondensor 3	<i>cold</i>	cooling water	30-45	15,25	1	7,625	0,993	<i>hot</i>	gas keluaran MD-02	225-70	1,5	1	18	16	160	1,25	2,681
Reboiler 1	<i>cold</i>	Hasil bawah MD-01	10-107	21,25	1	10,625	0,9055	<i>hot</i>	steam	260	1	2	16	16	96	1,25	0,4929
Reboiler 2	<i>cold</i>	Hasil bawah MD-02	68-107	13,25	6,625	1	0,0692	<i>hot</i>	steam	260	1	1	16	24	940	1,25	0,2458
Cooler 1	<i>cold</i>	Dowtherm RP	30-250	19,25	14,4	1	3,3	<i>hot</i>	Gas keluaran separator 2	260	0,75	4	16	12	1240	1	0,368

3.3 Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan. Pertama adalah faktor eksternal yang berkaitan dengan kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan. Kedua adalah faktor internal yang berkaitan dengan kemampuan pabrik.

1. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor berikut:

a. Material (bahan baku)

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

b. Tenaga kerja

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan pada karyawan agar kemampuan mereka meningkat.

c. Peralatan

Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif, yaitu kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada kurun waktu tertentu, dan kemampuan mesin itu sendiri.

Perencanaan target produksi:

- a. Tahun pertama ditargetkan sudah beroperasi hingga 80% kapasitas produksi total.

- b. Tahun kedua ditargetkan sudah dapat beroperasi sampai 100% kapasitas produksi total sampai tahun kedelapan.
- c. Tahun kedelapan hingga tahun kesepuluh produksi agak menurun karena umur peralatan yang menua. Pada dua tahun ini sudah direncanakan untuk mendirikan pabrik baru sebagai pengembangan. Meskipun demikian, hal tersebut tetap didasarkan pada pertimbangan perekonomian dan pasar

2. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi dua kemungkinan:

- Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik

Ada tiga kemungkinan yang bisa dipilih:

- Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
- Mencari daerah pemasaran lain