

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

3.1.1 Reaksi dan Kondisi Operasi

Proses pembuatan etilen diklorida menggunakan proses klorinasi langsung merupakan reaksi eksotermis, reaksi etilen dengan klorin dengan bantuan katalis FeCl_3 . Persamaan reaksi overall sbb :



Reaksi dilakukan dalam Reaktor Fix Bed dengan proses klorinasi langsung dalam fase gas dengan tekanan 4 atm dan suhu 90 C. Reaksi berlangsung secara eksotermis. Kondisi operasi diambil dari patent US 4554392 dengan reaksi berlangsung searah. Konversi dari etilen mencapai 96,15%. Produk yang dihasilkan adalah Etilen Diklorida (EDC).

Karena reaksi berlangsung secara eksotermis, maka akan terjadi peningkatan suhu. Berdasarkan teori kesetimbangan, peningkatan suhu akan menyebabkan penurunan konversi. Oleh karena itu untuk mempertahankan suhu agar konstan, reaktor dijalankan pada kondisi isothermal dengan menggunakan pendingin berupa koil pendingin.

3.1.2 Langkah Proses

Langkah pembuatan etilen diklorida dengan klorinasi klorin dan etilen dapat dikelompokkan menjadi 3 tahap .Berikut penjelasan secara terperinci mengenai tahapan pembuatan etilen diklorida dari etilen dan klorin :

a. Tahap Penyiapan Bahan Baku

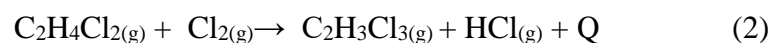
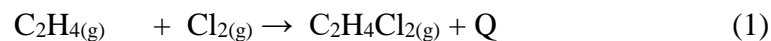
Tahap penyiapan bahan baku bertujuan menyiapkan etilen dan klorin sebelum direaksikan di reaktor agar kondisi operasi sesuai dengan kondisi yang diinginkan reaktor. Bahan baku yang digunakan adalah etilen dengan kemurnian 99,97 % dan klorin dengan kemurnian 99,99% (diasumsikan pengotor tidak bereaksi karena jumlahnya san-

gat kecil dalam skala ppm). Umpan segar gas klorin dengan suhu 65 °C dan tekanan 20 atm disimpan dalam keadaan gas di tangki penyimpanan (T-01). Lalu umpan diturunkan tekanannya menggunakan expander (E-01) hingga hasil keluaran expander dengan tekanan 4 atm dan suhu 3°C. Lalu dipanaskan dengan heater (HE-01) *double pipe* untuk menaikkan suhu hingga 90 °C .sehingga hasil keluaran HE-01 berupa klorin gas dengan tekanan 4 atm dan suhu 90°C. Umpan segar etilen cair disimpan pada kondisi 7°C dan tekanan 48 atm dalam fase gas di tangki penyimpanan (T-02) Lalu umpan diturunkan tekanannya menggunakan expander (E-01) hingga hasil keluaran expander dengan tekanan 4 atm dan suhu -109°C. Lalu dipanaskan dengan heater (HE-02) *double pipe* untuk menaikkan suhu hingga 90°C .sehingga hasil keluaran HE berupa klorin gas dengan tekanan 4 atm dan suhu 90°C. Etilen dan klorin bercampur menjadi satu arus didalam reaktor.

b. Tahap Sintesis Etilen dan Klorin

Tahap sintesis terjadi dalam reaktor.

Di dalam reaktor terjadi reaksi klorinasi sebagai berikut :



Reaksi klorinasi langsung antara etilen dan klorin menghasilkan etilen diklorida (EDC), trikloroetana (TCE), dan sedikit gas HCl serta sisa gas etilen yang tidak habis bereaksi. Reaksi berlangsung pada persamaan (1) dan (2) pada reaktor fix bed. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor sangat eksotermis, maka dipakai pendingin, yaitu dowtherm A, sehingga suhu masuk pendingin dowtherm A di atur 40°C dan suhu keluar 230°C dan tekanan reaksi sebesar 4 atm. Gas etilen dan gas klorin masing-masing dialirkan ke dalam reaktor yang telah berisi katalis padat Ferro Triklorida (FeCl₃). Arus hasil keluaran reaksi pada reaktor (R-01) pada fasa gas berupa sisa etilen, etilen diklorida, Trikloroetana dan HCl pada suhu 90°C.

c. Tahap Pemurnian Produk

Hasil keluaran reaktor (R-01) diturunkan tekanannya dengan diekspansi dari 4 atm menjadi 1.2 atm dengan menggunakan expander (E-03). selanjutnya diturunkan suhunya menggunakan *cooler* (CO-01) dari 90°C menjadi 30°C. Selanjutnya dialirkan menuju separator (SP-01) untuk dipisahkan fase gas dan cair. Hasil atas yang berupa sisa klorin, sisa etilen dan HCl dalam fase gas. Hasil atas separator tersebut berupa gas yang akan dibuang karena jumlahnya kurang dari 10% maka akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah dan diproses lebih lanjut. Hasil bawah separator berfase cairan yang akan dialirkan menuju Menara Distilasi (MD-01) lalu kemudian dimurnikan lagi. Sebelum dialirkan menuju menara distilasi suhunya dinaikkan menggunakan *heater* (HE-03) dari 30°C menjadi 90°C. Menara distilasi yang digunakan yang mempunyai kolom jenis sieve tray (*perforated plate*) yang terdiri dari 73 plate, dimana umpan masuk pada plate ke-24 dari atas. Pada MD-01 yang akan dipisahkan adalah campuran etilen diklorida (EDC) dan Trikloroetana (TCE) yang kemurniannya paling tinggi 99,97% sebagai hasil atas adalah produk akhir (TCE sebagai impuritis karena jumlahnya kurang dari 0,007 %). Hasil atas MD-01 yang mengandung senyawa etilen diklorida 99% dikondensasikan di CD-01 kemudian sebagian direfluk dan sebagian dialirkan menuju ACC-01 untuk didinginkan dan ditampung dalam T-03. Hasil bawah MD-01 adalah etilen diklorida dan Trikloroetana yang kemurnian yang rendah sebesar 0,08%. Hasil bawah kemudian diuapkan di rebolier (RB-01), uapnya direfluk dan cairannya dialirkan menuju unit pengolahan limbah. Karena jumlahnya yang sedikit kurang dari 10% maka hasil bawah tidak memenuhi syarat untuk di *recycle*. Sehingga hasil bawah tersebut akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah dan diproses lebih lanjut agar tidak mencemari lingkungan

3.2 Spesifikasi Alat Proses

Tangki

Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki

Parameter	Tangki Bahan Baku (T-01)	Tangki Bahan Baku (T-02)	Tangki Produk (T-03)
Tugas	menyimpan klorin sebanyak 10.118,80 kg/jam pada fase cair persediaan selama 7 hari.	menyimpan etilen sebanyak 8.426,76 ton pada fase gas persediaan selama 7 hari.	menyimpan produk etilen diklorida sebanyak 12.626 ton pada fase gas persediaan selama 1hari.
Kondisi Penyimpanan	tekanan 20 atm, suhu 65 C	tekanan 48 atm, suhu 7°C	tekanan 1.2 atm, suhu 90 C
Jenis alat	Tangki silinder vertical (<i>vessel pressure</i>)	Tangki silinder vertical (<i>vessel pressure</i>)	Tangki Thorispherical
Ukuran	Volume : 779,12 m ³ Tinggi : 11,30 m Diameter : 5,98 m	Volume : 562,08 m ³ Tinggi : 5,36 m Diameter : 9,43 m	Volume : 4.443,19 m ³ Tinggi : 19,10 m Diameter : 13,35 m
Bahan	<i>Stainlessteel</i>	<i>Stainlessteel</i>	<i>Carbonsteel</i>
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah
Harga	\$2.009,83	\$3.354,74	\$1.723,20

Alat Penukar Tekanan

Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Penurun Tekanan

Parameter	Expander (E-01)	Expander (E-02)	Expander (E-03)
Tugas	Menurunkan tekanan klorin dari 20 atm menjadi 4 atm.	Menurunkan tekanan etilen dari 48 atm menjadi 4 atm.	Menurunkan tekanan hasil keuaran reactor menuju separator dari 4 atm menjadi 1,2 atm.
Kondisi Penyimpanan	Tekanan 20 atm, suhu 65 C	Tekanan 48 atm, suhu 7°C	Tekanan 1.2 atm, suhu 90 C
Jenis alat	Expander Sentrifugal	Expander Sentrifugal	Expander Sentrifugal
Ukuran	ID = 1,61 in Sch N = 40 NPS = 1,5 in	ID = 1,61 in Sch N = 40 NPS = 1,5 in	ID = 1,61 in Sch N = 40 NPS = 1,5 in
Bahan	<i>Stainlesssteel</i>	<i>Carbonsteel</i>	<i>Carbonsteel</i>
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah
Harga	\$172,03	\$172,03	\$140,752

Alat Penukar Panas

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Parameter	Heater (HE-01)	Heater (HE-02)	Heater (HE-03)	Cooler (CL-01)
Tugas	Memanaskan klorin dari expander menuju reaktor dari suhu 3°C menjadi 90°C	Memanaskan etilen dari expander menuju reaktor. Dari suhu -109°C menjadi 90°C	Memanaskan bahan keluaran separator dari suhu 30°C menjadi suhu 90°C menuju menara distilasi	Mendinginkan bahan keluaran reaktor dari suhu 90°C menjadi suhu 30°C menuju separator
Kondisi	tekanan 4 atm, suhu 90°C	tekanan 4 atm, suhu 90°C	Tekanan 1,2 atm, suhu 90°C	Tekanan 1,2 atm, suhu 30°C
Jenis alat	<i>Double Pipe</i>	<i>Double Pipe</i>	<i>Double Pipe</i>	<i>Double Pipe</i>
Ukuran <i>Inner Pipe</i>	IPS = 2 in ID = 2,067 in OD = 2,38 in	IPS = 2 in ID = 2,067 in OD = 2,38 in	IPS = 2 in ID = 2,067 in OD = 2,38 in	IPS = 2 in ID = 2,067 in OD = 2,38 in
Ukuran <i>Annulus</i>	Tekanan = 1 atm IPS = 3 in ID = 3,08 in OD = 3,5 in	Tekanan = 1 atm IPS = 3 in ID = 3,08 in OD = 3,5 in	Tekanan = 1 atm IPS = 3 in ID = 3,08 in OD = 3,5 in	Tekanan = 1 atm IPS = 3 in ID = 3,08 in OD = 3,5 in
Jumlah Hairpin	1	1	1	1
Luas Transfer Panas	47,63 ft ²	186,44 ft ²	1,7 ft ²	1,5 ft ²
Panjang	76,57 ft	299,74 ft	12 ft	12 ft
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah
Harga	\$3.600	\$3.600	\$3.600	\$3.600

Reaktor

Tabel 3.4 Spesifikasi Reaktor

Parameter	Reaktor (R-01)
Tugas	Mereaksikan gas sintesis sebanyak 18.545,56 kg/jam
Jenis alat	Fix Bed Multi Tube
Fase	Gas
Tekanan	4 atm
Katalis	FeCl ₃
Pendingin	<i>Dowtherm A</i>
Suhu masuk reaktor	90°C
Suhu keluar reaktor	90°C
Jumlah tube	8.857 buah
Jarak Baffle	40,77 in
Jumlah Baffle	6
Panjang Pipa	5,20 m
Tebal Isolasi	3,06 cm
Triangular Pitch	1,56 in
Bahan	Carbonsteel SA 299
Jumlah	1 buah
Harga Alat	\$432.780

Separator Vertikal

Tabel 3.5 Spesifikasi Separator

Parameter	Separator (S-01)
Tugas	Memisahkan komponen uap dan cairan hasil dari keluaran reactor menuju menara distilasi
Jenis alat	Separator Vertikal
Bahan	Baja Karbon A
Kondisi Operasi	Tekanan 1,2 atm dan suhu 30C
Ukuran	Diameter : 0,5 m Tinggi : 4,33 m Tebal Shell : 0,317 m Tebal Head : 0,329 m Tinggi penutup : 0,66 m
Harga per alat	\$5.370,00

Menara Distilasi

Tabel 3.6 Spesifikasi Menara Distilasi

Parameter	Menara Distilasi (MD-01)
Tugas	Memurnikan Etilen diklorida hasil bawah separator.
Jenis plate	<i>Sieve Tray</i>
Kondisi Operasi	Umpan Tekanan = 1,2 atm Suhu = 90°C Atas Menara Tekanan = 1 atm Suhu = 83,81°C Bawah menara Tekanan = 1,4 atm Suhu = 113,74°C
Ukuran	Diameter : 1,31 m Tinggi : 21,9 m Tebal <i>Shell</i> : 0,004 m Tebal <i>head</i> : <i>Top head</i> = 0,004 m <i>Bottom head</i> = 0,004 m
Jumlah Plate Minimum	11 plate
Jumlah plate actual	73 plate
Plate Top	47 plate
Plate Bottom	23 plate
Plate Spacing	0,3
Umpan Masuk	Tray no.23 dari bawah
Reflux	1,21
Bahan	<i>Carbon Steel SA - 283 grade C</i>
Harga per alat	\$113.605

Kondensor Parsial (CD-01)

Tabel 3.7 Spesifikasi Kondensor

Parameter	Kondensor (CD-01)
Tugas	Mengembunkan fluida yang keluar dari menara distilasi menuju akumulator
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Beban Panas	15.898.261 kJ/Jam
Luas Transfer Panas	2065 ft ²
Panjang	16 ft
Parameter	Kondensor (CD-01)
Ukuran	ID = 35 in <i>Baffle Space</i> = 28 in Passes = 4
<i>Tube Side</i>	Fluida Dingin = <i>Dowtherm A</i>
Ukuran	Jumlah Tube = 1023 OD, BWG = 3/4 in; 14 <i>Passes</i> = 2
Pitch Angular	<i>Triangular Pitch</i>
<i>Dirt Factor min</i>	0,003 hr.ft ² .F/Btu
<i>Dirt Factor available</i>	0,02 hr.ft ² .F/Btu
Catatan Rd	Kondensor memenuhi syarat, karena <i>available</i> > Rd min.
Bahan	<i>Stainless steel</i>
Harga per alat	\$635,00
Jumlah	1

Akumulator (ACC-01)

Tabel 3.8 Akumulator (ACC-01)

Parameter	Akumulator (ACC-01)
Tugas	Menampung sementara hasil kondensasi menara distilasi
Jenis	Tangki silinder horizontal, <i>Thorispheri Dished Head cal</i>
Ukuran	Diameter = 0,81 m Panjang = 2,43 m Tebal <i>Shell</i> = 0,0048 m Tebal <i>head</i> = 0,0048 m
Bahan	<i>Carbon Steel SA - 283 grade C</i>
Jumlah	1
Harga per alat	\$7.820

Reboiler Parsial(RB-01)

Tabel 3.9 Spesifikasi Reboiler

Parameter	Reboiler (RB-01)
Tugas	Menguapkan fluida hasil bawah menara distilasi
Jenis	<i>Kettle Reboiler</i>
Beban Panas	15.087.095 kJ/Jam
Luas Transfer Panas	1771,94 ft ²
Panjang	20 ft
<i>Shell Side</i>	Fluida Dingin : Larutan EDC
Ukuran	ID = 19,25 in <i>Baffle Space</i> = 7,7 in <i>Passes</i> = 1
Ukuran	Jumlah Tube = 451 OD, BWG = 3/4 in; 16 Pitch = Triangular Pitch <i>Passes</i> = 2
<i>Dirt Factor min</i>	0,003 hr.ft ² .F/Btu
<i>Dirt Factor available</i>	0,0085 hr.ft ² .F/Btu
Catatan	Reboiler memenuhi syarat, karena <i>Rd available</i> > <i>Rd min</i>
Bahan	<i>Stainless steel</i>
Jumlah	2
Harga	\$265.686

Pompa (P-01)

Tabel 3.10 Spesifikasi Pompa

Parameter	Pompa (P-01)	Pompa (P-02)	Pompa (P-03):
Tugas	Mengalirkan hasil bawah separator menuju menara distilasi.	Mengalirkan hasil atas menara distilasi menuju tangki produk	Mengalirkan hasil bawah menara distilasi menuju UPL (unit pengolahan limbah)
Jenis alat	: Pompa Sentrifugal	Pompa Sentrifugal	Pompa Sentrifugal
Kapasitas	: 51,95 gpm	48,42 gpm	3,47 gpm
Ukuran pipa	: ID 0,824 in Sch = 40 NPS = 0,75 in Total Head : 58,271 ft.lbf/lbm	ID = 0,824 in NPS = 0,75 in Total Head : 101,811 ft.lbf/lbm	ID = 0,824 in NPS = 0,75 in Total Head : 13,283 ft.lbf/lbm
Motor Penggerak	5 HP	7 HP	0,5 HP
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah	2 pompa	2 pompa	2 pompa
Harga per alat	\$3.112	\$1.747	\$3.017

1.3 Perencanaan Produksi

1.3.1 Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan etilen diklorida di Indonesia, tersedianya bahan baku serta ketentuan kapasitas minimal. Kebutuhan etilen diklorida dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan etilen diklorida akan terus meningkat di tahun-tahun mendatang, sejalan dengan berkembangnya industri - industri yang menggunakan silikon dioksida. Dan juga dengan melihat kapasitas pabrik – pabrik silikon dioksida yang telah berdiri. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 100.000 ton/ tahun.

3.3.2 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku etilen diperoleh dari PT. Chandra Asri, klorin diperoleh dari PT. Indo chlor Pratama.

1.3.2 Analisis Kebutuhan Alat Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur peralatan serta perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya

