

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. Uraian Proses

Pabrik Fosgen ini diproduksi dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dari bahan baku karbon monoksida dan klorin yang akan beroperasi selama 24 jam perhari dalam 330 hari selama setahun. Secara garis besar pabrik ini terdiri dari proses reaksi, pemisahan, pemurnian, dan penyimpanan.

3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Gas klorin dengan impuritis gas hidrogen di simpan dalam tangki penyimpanan pada fase cair dengan tekanan 9 atm, suhu 30°C kemudian dialirkan melalui pompa dan *expansion valve* sehingga tekanan turun menjadi 1,35 atm dalam fase gas. Setelah itu dipanaskan dengan *heater* hingga mencapai suhu 77°C.

Karbon monoksida dengan impuritis gas hidrogen disimpan pada tekanan 9 atm dan suhu 30°C dalam fase gas, kemudian dialirkan melalui *expansion valve* sehingga tekanan turun menjadi 1,35 atm, dan kemudian dipanaskan menggunakan *heater* hingga mencapai suhu 77°C.

3.1.2 Tahap Reaksi

Bahan baku karbon monoksida dan klorin yang tekanan dan suhunya sudah disesuaikan dengan kondisi operasinya di umpankan ke reaktor. Reaksi terjadi didalam reaktor pada suhu 77 °C – 180 °C dan tekanan 1,35 atm (untuk

mempertahankan pada fasa gas) dan dijalankan di dalam sebuah Reaktor *Fix Bed Multitube* (R-01) dengan kondisi *non adiabatic, non isothermal* dan bersifat eksotermis. Pendingin dialirkan didalam shell, yang berfungsi sebagai penyerap panas, dan juga penstabil suhu pada reaktor karena reaksi antara karbon monoksida dan klorin merupakan reaksi eksotermis.

3.1.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Hasil keluaran dari reaktor R-01 berupa Karbon monoksida, Klorin, Hidrogen dan Fosgen pada suhu 180°C dan tekanan 1,35 atm, kemudian dimasukkan kedalam Kondenser Parsial (CP-01) untuk mendapatkan konsentrasi fosgen 99,8% dengan cara mengembunkan produk yang terbentuk (Fosgen) dan memisahkannya dari CO, H₂ dan Cl₂ sisa reaksi. Suhu masuk (CP-01) yang diinginkan adalah 70°C dan suhu keluar yang diinginkan 45°C serta beroperasi pada tekanan 9 atm. Sehingga sebelum masuk kondesor parsial, produk dimasukkan kedalam kompresor (C-01) untuk menaikkan tekanan dari 1,35 atm menjadi 9 atm. Kemudian dimasukkan kedalam *cooler* untuk menurunkan suhu dari $180^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$.

Setelah melalui proses kondensasi pada Kondenser Parsial 01, hasilnya berupa Karbon monoksida, Klorin, Hidrogen dan Fosgen dalam fase gas dan cair, sehingga perlu pisahkan dengan menggunakan *separator* (SP-01). Cairan yang terbentuk yaitu COCl₂ dan Cl₂ dengan konsentrasi COCl₂ 99,8% yang akan menjadi hasil bawah SP-01 dan gas sisa kondensasi yaitu CO, Cl₂, H₂ dan COCl₂

sisanya menjadi hasil atas SP-01. Suhu dan tekanan keluar dari SP-01 adalah 45°C dan 9 atm.

Hasil atas SP-01 berupa gas sisa yaitu CO, Cl₂, COCl₂, dan H₂ akan dikondensasi menggunakan kondensor parsial (CP-02) dan separator (SP-02) untuk memisahkan Cl₂ dan COCl₂ (sebagai hasil bawah) dan CO, H₂ dan sedikit Cl₂ sebagai gas buang. Cl₂ dan COCl₂ cair hasil bawah kemudian di *recycle* ke dalam reaktor. Karena reaktor beroperasi pada 1,35 atm dan 77°C, maka hasil bawah SP-02 dilewatkan melalui *expansion valve* agar tekanan turun menjadi 1,35 atm dan dipanaskan menggunakan *heater* sehingga suhu menjadi 77°C.

CP-02 beroperasi pada 25 atm dan dengan suhu masuk 90°C dan keluar 45°C, sehingga sebelum masuk kondensor parsial gas hasil atas separator dilewatkan kompresor (C-02) agar tekanannya menjadi 25 atm.

3.1.4 Tahap Penyimpanan

Hasil bawah SP-01 akan disimpan di dalam tangki produk COCl₂ dengan kondisi suhu 30°C dengan tekanan 9 atm.

3.2. SPESIFIKASI ALAT/MESIN PRODUK

3.2.1. Tangki Penyimpanan Bahan

Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Baku

	T-01	T-02
Fungsi	Menyimpan bahan baku karbon monoksida sebanyak 1370 kg/jam.	Menyimpan bahan baku klorin sebanyak 2722 kg/jam
Jenis	<i>Spherical Tank</i>	Silinder tegak, <i>elleptical dished</i>
Fasa	Gas	Cair
Jumlah	1 unit	1 unit
Kondisi Operasi	Tekanan : 9 atm Suhu : 30 °C	Tekanan : 9 atm Suhu : 30 °C
Spesifikasi	Kapasitas : 127,6440 m ³ Bahan : <i>Stainless Steel SA 106 Grade A</i> ID : 245,9840 in OD : 247,4841 in Tebal Dinding : 0,75 in	Kapasitas : 411,8838 m ³ Bahan : <i>Stainless Steel SA 106 Grade A</i> Diameter : 480 in Tebal shell : 2 in Tebal head : 2,75 in Tinggi : 480 in

Tabel 3.2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk

	T-03
Fungsi	Menyimpan produk fosgen sebanyak 3788 kg/jam
Jenis	Silinder tegak, <i>elleptical dished</i>
Fasa	Cair
Jumlah	1 unit
Kondisi	Tekanan : 9 atm
Operasi	Suhu : 30 °C
Spesifikasi	Kapasitas : 480 m ³ Bahan : <i>Stainless Steel SA 106 Grade A</i> Diameter : 3,42 in Tebal shell : 0,1875 in Tebal head : 0,1875 in Tinggi : 3,42 in

3.2.3 Heat Exchanger

3.2.3.1 Heater

Tabel 3.3 Spesifikasi Heater 01 dan 02

	HEATER-01	HEATER-02
Fungsi	Memanaskan CO sebanyak 1370 kg/jam untuk umpan masuk reaktor	Memanaskan Cl ₂ sebanyak 2722 kg/jam untuk umpan masuk reaktor
Jenis	<i>Double Pipe</i>	<i>Double Pipe</i>
Ukuran	3 x 2	3 x 2
Kondisi Operasi	Fluida Panas : 140°C Fluida Dingin: 30 – 77°C	Fluida Panas : 140°C Fluida Dingin: 30 – 77°C
Annulus	Kapasitas : 87 kg/jam Fluida : <i>Saturated Steam</i> Pressure drop : 0,0013 psi	Kapasitas : 60 kg/jam Fluida : <i>Saturated Steam</i> Pressure drop : 0,0011 psi
Inner Pipe	Kapasitas : 1370 kg/jam Fluida : CO Pressure drop : 0,0127 psi	Kapasitas : 2722 kg/jam Fluida : Cl ₂ Pressure drop : 0,0295 psi
Dirt Factor	0,043 hr ft ² °F/ Btu	0.059 hr ft ² °F/ Btu
L transfer Panas	44,32 ft ²	73,36 ft ²
Panjang Hairpin	12 ft	20 ft
Jml Haipin	2	2

Tabel 3.4 Spesifikasi Heater 03

	HEATER-03
Fungsi	Memanaskan Cl ₂ dan COCl ₂ sebanyak 372 kg/jam untuk umpan masuk reaktor
Jenis	<i>Double Pipe</i>
Ukuran	3 x 2
Kondisi Operasi	Fluida Panas : 140°C Fluida Dingin: 45 – 77°C
Annulus	Kapasitas : 7 kg/jam Fluida : <i>Saturated Steam</i> Pressure drop : 0,0019 psi
Inner Pipe	Kapasitas : 372 kg/jam Fluida : CO Pressure drop : 0,0009 psi
Dirt Factor	0,051 hr ft ² °F/ Btu
L transfer Panas	73,36 ft ²
Panjang Hairpin	20 ft
Jml Haipin	2

3.2.3.2 Cooler

Tabel 3.5 Spesifikasi Cooler 01 dan 02

	COOLER-01	COOLER-02
Fungsi	Mendinginkan CO, Cl ₂ , COCl ₂ dan H ₂ hasil reaktor sebanyak 4464 kg/jam sebagai umpan CP-01	Mendinginkan dowtherm A sebanyak 20.000 kg/jam sebagai pendingin pada reaktor
Jenis	<i>Double Pipe</i>	<i>Double Pipe</i>
Ukuran	4 x 3	4 x 3
Kondisi Operasi	Fluida Panas : 249 – 70 °C Fluida Dingin: 30 – 50 °C	Fluida Panas : 137-81°C Fluida Dingin: 30 – 50°C
Annulus	Kapasitas : 111 kg/jam Fluida : Air Pressure drop : 1,33 psi	Kapasitas : 20.000 kg/jam Fluida : <i>Dowtherm A</i> Pressure drop : 0,0101 psi
Inner Pipe	Kapasitas : 4464 kg/jam Fluida : Keluar Reaktor Pressure drop : 2,63 x 10 ⁻⁷ psi	Kapasitas : 6 kg/jam Fluida : Air Pressure drop : 0,0050 psi
Dirt Factor	0,01 hr ft ² °F/ Btu	0.12 hr ft ² °F/ Btu
L transfer Panas	35,34 ft ²	28,27 ft ²
Panjang Hairpin	15 ft	12 ft
Jml Haipin	1	1

3.2.4. Reaktor

Tabel 3.6 Spesifikasi Reaktor

	REAKTOR
Fungsi	Sebagai tempat bereaksinya karbon monoksida dan klorin menjadi fosgen sebanyak 4464 kg/jam
Jenis	<i>Fix bed multi tube</i>
Jumlah	1 Buah
Kondisi Operasi	Tekanan : 1,35 atm Suhu umpan : 77°C Suhu produk : 175°C Suhu pendingin masuk : 81°C Suhu pendingin keluar : 137°C
Spesifikasi Tube	Jumlah : 450 buah Panjang : 187,0079 in IDT : 1,38 in ODT : 1,66 in Susunan : triangular pitch Material : Stainlees Steel 167 Grade 3
Spesifikasi Shell	IDS : 40,8139 in ODS : 41,3139 in Tebal : 0,25 in Baffle space : 30,6104 Material : Stainlees Steel 167 Grade 3

Lanjutan Tabel 3.6 Spesifikasi Reaktor

Spesifikasi	Bentuk : <i>Eliptical</i>
Head	Tebal : 0,1586 in
	Tinggi : 8,1776
Tinggi Total	195,1885 in
Volume	0,0564
Jml <i>Nozzle</i>	4

3.2.5. Kondensor

Tabel 3.7 Spesifikasi Kondensor

	KONDENSOR PARSIAL-01	KONDENSOR PARSIAL-02
Fungsi	Mengembunkan gas keluar reaktor, berupa CO, Cl ₂ , COCl ₂ dan H ₂ sebanyak 4464 kg/jam	Mengembunkan gas hasil atas separator 01 berupa CO, Cl ₂ , COCl ₂ dan H ₂ sebanyak 676 kg/jam
Tipe	<i>Shell and tube</i>	<i>Shell and tube</i>
Kondisi operasi	Fluida panas : 70°C - 45 °C Fluida dingin: 30 °C - 50 °C	Fluida panas : 90°C - 45 °C Fluida dingin: 30 °C - 50 °C

Lanjutan Tabel 3.7 Spesifikasi Kondensor Parsial

	KONDENSOR PARSIAL-01	KONDENSOR PARSIAL-02
Shell side	Kapasitas : 4464 kg/jam Fluida : <i>feed (hot fluid)</i> ID : 39 in Baffle space : 29,25 in Passes : 4 Pressure drop : 0.0048 psi	Kapasitas : 676 kg/jam Fluida : <i>feed (hot fluid)</i> ID : 15,25 in Baffle space : 11,4375 in Passes : 1 Pressure drop : 0,00025 psi
Tube side	Kapasitas : 9647 kg/jam Fluida : air pendingin Panjang : 16 in Jumlah : 1100 OD : 0.75 in BWG : 13 Pitch : $\frac{15}{16}$ in triangular pitch Pressure drop : 5,099 psi	Kapasitas : 1013 kg/jam Fluida : air pendingin Panjang : 16 in Jumlah : 151 OD : 0.75 in BWG : 13 Pitch: $\frac{15}{16}$ in triangular pitch Pressure drop : 3,268 psi
Dirt factor	0,012 jam ft ² F/Btu	0,012 jam ft ² F/Btu
A	2580,16 ft ²	265 ft ²

3.2.6. Separator

Tabel 3.8 Separator

	SEPARATOR 01	SEPARATOR 02
Fungsi	Memisahkan campuran uap-cair keluar kondensor parsial 01 sebanyak 4464 kg/jam	Memisahkan campuran uap-cair keluar kondensor parsial 02 sebanyak 678 kg/jam
Kondisi operasi	Tekanan : 9 atm Suhu : 45°C	Tekanan : 15 atm Suhu : 25°C
Dimensi	Diameter : 0,95 m Panjang : 4,12 m Tebal : 0.5 in	Diameter : 0,87 m Panjang : 3,06 m Tebal : 0.5 in

3.2.7. Kompresor

Tabel 3.9 Spesifikasi Kompresor

	KOMPRESSOR 01	KOMPRESSOR 02
Fungsi	Untuk menaikkan tekanan gas keluar reaktor sebanyak 4464 kg/jam dari 1,35 atm menjadi 9 atm	Untuk menaikkan tekanan gas hasil bawah separator sebanyak 676 kg/jam dari 9 atm ke 25
Suhu	Masuk : 180 °C Keluar : 248 °C	Masuk : 45 °C Keluar : 90 °C

Lanjutan Tabel 3.9 Spesifikasi Kompresor

	KOMPRESSOR 01	KOMPRESSOR 02
Jenis	<i>Multi stage</i>	<i>Multi stage</i>
Jumlah stage	2	2
Daya	4,5 HP	2 HP
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 grade II</i>	<i>Stainless Steel SA-167 grade II</i>

3.2.8. Expansion Valve

Tabel 3.10 Spesifikasi Expansion Valve

	Expansion Valve 01	Expansion Valve 02
Fungsi	Menurunkan tekanan gas karbon monoksida sebanyak 1370 kg/jam 9 atm menjadi 1,35 atm	Menurunkan tekanan gas klorin sebanyak 2722 kg/jam dari 9 atm menjadi 1,35 atm
Jenis	<i>Globe Valve</i>	<i>Globe Valve</i>
Ukuran	NPS : 1 in Sch : 40 ID : 0,824 in OD : 1,05 in	NPS : 1,25 in Sch : 40 ID : 1,38 in OD : 1,66 in
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 grade II</i>	<i>Stainless Steel SA-167 grade II</i>

3.2.9 Pompa

3.2.9.1 Pompa 01

Tabel 3.10 Spesifikasi Pompa 01 dan 02

	POMPA 01	POMPA 02
Fungsi	Mengalirkan bahan baku Cl ₂ sebanyak 2722 kg/jam dari tangki penyimpanan menuju ke <i>expansion valve</i> 02	Mengalirkan hasil bawah separator 01 sebanyak 3788 kg/jam menuju ke tangki penyimpanan produk
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Kondisi Operasi	Suhu : 30 ⁰ C Tekanan : 9 atm	Suhu : 45 ⁰ C Tekanan : 9 atm
Tenaga	2 HP	5 HP
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 grade II</i>	<i>Stainless Steel SA-167 grade II</i>

Tabel 3.11 Spesifikasi Pompa 03

	POMPA 03
Fungsi	Mengalirkan hasil bawah separator 02 sebanyak 372 kg/jam menuju ke <i>expansion valve</i> 03
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>

Lanjuta Tabel 3.11 Spesifikasi Pompa 03

	POMPA 03
Fungsi	Mengalirkan hasil bawah separator 02 sebanyak 372 kg/jam menuju ke <i>expansion valve</i> 03
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>
Kondisi	Suhu : 30 ⁰ C
Operasi	Tekanan : 9 atm
Tenaga	5 HP
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 grade II</i>

3.3 PERENCANAAN PRODUKSI

3.3.1 Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan fosgen di Indonesia, tersedianya bahan baku serta ketentuan kapasitas minimal. Kebutuhan fosgen dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan fosgen akan terus meningkat di tahun-tahun mendatang, sejalan dengan berkembangnya industri - industri yang menggunakan fosgen sebagai bahan baku dan bahan tambahan. Dan juga dengan melihat kapasitas pabrik – pabrik fosgen

yang telah berdiri. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 35.000 ton/ tahun.

Untuk menentukan kapasitas produksi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

1. Proyeksi kebutuhan dalam negeri

Berdasarkan data statistik yang diterbitkan oleh BPS dalam “Statistik Perdagangan Indonesia” tentang kebutuhan asetanilida di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat.

Dengan kapasitas tersebut diharapkan :

- a. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.
- b. Dapat menghemat devisa negara yang cukup besar karena laju import fosgen dapat ditekan seminimal mungkin.

2. Ketersediaan bahan baku

Kontinuitas ketersediaan bahan baku dalam pembuatan fosgen adalah penting dan mutlak yang harus diperhatikan pada penentuan kapasitas produksi suatu pabrik.

3.3.2 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

- a. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- b. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :
 - 1) Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
 - 2) Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
 - 3) Mencari daerah pemasaran.

2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

- a. Material (bahan baku)

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.
- b. Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.
- c. Mesin (peralatan)

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

