BAB III

PERANCANGAN PROSES

3. 1 Uraian Proses

Proses pembuatan *tricresyl phosphate* dari bahan baku c*resol* dan *phosphorus oxychloride* dapatdibagi dalam 3 tahap, yaitu:

3.1. 1 Tahap Persiapan Bahan Baku

a. *Cresol (*C_7H_8O)

*Cresol*98% dengan pengotor berupa *phenol*2% dalam bentuk cair dan disimpan dalam tangki F-111 dengan tekanan 1 atm (14,7 psia) dan suhu 30^{o}C. *cresol* akan dipompa dengan pompa L-111 hingga tekanan nya menjadi 10 atm, lalu sebelum dimasukkan kedalam reaktor, dipanaskan melalui *Heater* (E-111) sehingga temperatur *cresol* menjadi 150 ^{o}C. Cresol merupakan bahan baku utama yang diperoleh dari PT. Petrocentral, Gresik, Jawa Timur.

b. *Phosphorus Oxychlorida* ($POCl_3$)

*Phosphorus oxychlorida*95% dengan pengotor *phosphorus thricloride*5% dalam bentuk cair dan disimpan dalam tangki F-112 dengan tekanan 1 atm (14,7 psia) dan suhu 30 ^{o}C. *phosphorus oxychlorida* akan dipompa dengan pompa L-112 hingga tekanannya menjadi 10 atm, kemudian sebelum dimasukkan kedalam reaktor dipanaskan melalui Heater (E-112) sehingga termperatur *Phosphorus Oxychloride* menjadi 150^{o}C.*Phosphorus Oxychloride*diperoleh dengan cara impor dari negara Amerika Serikat (Great Lake Chemical Nitro).

3.1. 2 Tahap Pembentukan Produk

Proses pembentukan TCP terjadi dalam reaktor (R-211) dan reaktor (R-212) berpengaduk dengan kondisi operasi suhu 150^{o}C dan tekanan 10 atm. Pada reaktor RATB dilengkapi dengan pengaduk sehingga suhu, komposisi dan tekanan di dalam reaktor *uniform*. Reaktor dilengkapi dengan pendingin koil agar proses berjalan secara isothermalwalaupun reaksinya eksotermis. Sebelum masuk ke reaktor bahan baku *Cresol* dipanaskan dengan E-111 dan $POCl_3$ dipanaskan dengan E-112. Hasil keluaran reaktor (R-211) dialirkan ke reaktor (R-212) dengan menggunakan pompa (L-212) untuk menyempurnakan reaksi sesuai dengan konversi yang diinginkan sebesar 80%.

Didalam reaktor terjadi reaksi sebagai berikut:

$$3CH_3C_6H_4OH + POCl_3 \longrightarrow (CH_3C_6H_4O)_3PO + 3\,HCl$$

3.1. 3 Tahap Pemurnian Hasil

3.1.3. 1 Hasil Cair Reaktor (R-212)

Hasil keluaran reaktor (R-212) berupa *Phosphorus Oxyclorida 1%, Phosphorus Trichlorida 0,2%, Cresol 5,2%, Pheno1,4%l, Tricresyl Phosphate 71,2%* dan sejumlah besar *Hydrogen chlorida 21,2%* dimasukkan kedalam Separator (H-311) dengan menurunkan tekanan terlebih dahulu menggunakan Expander (G-211) menjadi 2 atm selanjutnya suhu diturunkan menggunakan cooler mejadi 50^{o}C sebelum dimasukkan kedalam Separator (H-311). Hasil atas (H-311) berupa *Hydrogen chlorida*99% dinaikkan tekanannya dengan menggunakan kompresor (G-321) menjadi 4 atm agar berubah fase dari gas menjadi cair, selanjutnya HCl dimasukkan kedalam Akumulator (F-321) dari Accumulator suhu HCl diturunkan menjadi suhu normal 30^{O}C sebelum dimasukkan ke tangki penyimpan (F-311) sebagai produk samping.

3.1.3. 2 **Hasil Cair Separator (H-311)**

Hasil bawah (H-311) berupa *Phosphorus Oxyclorida 1,24%, Phosphorus Trichlorida 0,02%, Cresol 49% ,Phenol 1,7%, Tricresyl Phosphate 0,90%* dimasukkan kedalam Menara Distilasi (D-311) dengan menggunakan pompa (L-311) kemudian dinaikkan suhunya sesuai dengan titik didih produk sebesar 230^{o}C.

3.1.3. 3 Hasil Cair Menara Distilasi

Hasil atas MD berupa gas dimasukan ke kondensor (E-331) untuk diubah menjadi cair kemudian disimpan sementara di akumulator (F-322) selanjutnya di alirkan dengan menggunakan pompa (L-313) untuk selanjutnya diturunkan suhunya dengan menggunakan cooler (E-322) ke suhu normal 30^{O}C kemudian dibuang menuju Unit Pengolahan Limbah (UPL). Hasil bawah MD berupa cairan dan produk *Tricresyl Phosphate 99% dan Cresol 1%* dialirkan menggunakan pompa (L-323) kemudian diturunkan suhunya menggunakan cooler (E-323) untuk kemudian disimpan ke tangki penyimpan (F-312) sebagai produk utama.

3. 2S pesifikasi Alat

3.2. 1 Spesifikasi Alat Proses

1. Tangki Penyimpan Bahan Baku

Adapun spesifikasi bahan baku ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Bahan Baku

Kode	F-111	F-112
Fungsi	Menyimpanbahan baku Cresol (C_7H_8O)	Menyimpan bahan baku *Phodphorus Oxychlorida* *($POCl_3$)*
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Tekanan	1 atm	1 atm
Temperatur	30 °C	30 °C
Volume	393.912,389 gal	776.996,049 gal
Bahan	Carbon steel SA 283 Grade A	Carbon steel SA 283 Grade A
Diameter	12 m	7,2 m
Tinggi	12 m	7,2 m
Tebal	0,01 m	0,01 m
Jumlah	1 buah	1 buah
Harga	US$ 513,00	US$ 556,00

2. Tangki Penyimpan Produk

Adapun spesifikasi tangki penyimpan bahan baku dan produk ditunjukkan dengan tabel beriku:

Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki Produk

Kode	F-311	F-312
Fungsi	Menyimpan *Hydrogen Chlorida (HCl)*	Menyimpan *Tricresyl Phosphate/TCP* ($C_{21}H_{21}O_4$)
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Tekanan	2 atm	1 atm
Temperatur	30 °C	30 °C
Volume	105.612,55 gal	309.582,96 gal
Bahan	Carbon steel SA 283 Grade A	Carbon steel SA 283 Grade A
Diameter	3,7 m	11,42 m
Tinggi	3,7 m	11,42 m
Tebal	0,0046 m	0,01 m
Jumlah	1 buah	1 buah
Harga	US$ 565,00	US$ 639,00

3. Reaktor

Adapun spesifikasi Reaktor Alir Tangki Berpengaduk ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 3 Spesifikasi Reaktor

Kode	R-211	R-212
Fungsi	Mereaksikan *Tricresyl Phosphate dengan Cresol danPhosphorusOxychlorid*	Mereaksikan *Tricresyl Phosphate dengan Cresol danPhosphorusOxychloride*
Jenis	*RATB*	*RATB*
Tekanan	10 atm	10 atm
Temperatur	150 °C	150 °C
Volume	26,374 m^3	26,374 m^3
Bahan	*Stainles steel* AISI 316	*Stainles steel*AISI 316
Diameter	3,43m	3,43m
Tinggi	4,57 m	4,57 m
Tebal	0,038 m	0,038 m
Harga	US$ 12,209.00	US$ 12,209.00

4. Separator

Adapun spesifikasi separator ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 4 Spesifikasi Separator

Kode	H-311
Fungsi	Memisahkan gas dan cairan dari R-212
Jenis	*Silinder Vertikal Single Stage*
Tekanan	2 atm
Temperatur	50^{o}C
Tebal	0,0048 m
Bahan	*Stainless Steel*, SA 167 *grade* 11
Diameter	0,81 m
Tinggi	4,23 m
Jumlah	1 buah
Harga	US$ 12,209.00

5. Heat Exchanger

Adapun spesifikasi heat exchanger ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 5 Spesifikasi Heater

Kode	E-111	E-112	E-311
Fungsi	Memanaskan suhu dari 30 °C menjadi 150 °C	Memanaskan suhu dari 30 °C menjadi 150 °C	Memanaskan suhu dari 50 °C menjadi 230 °C
Jenis	*Double Pipe*	*Double Pipe*	*Double Pipe*
***Annulus* :** Temperatur	150°C	150 °C	230 °C
IPS	3 in	3 in	3 in
Sch. No	40	40	40
OD	3,50 in	3,50 in	3,50 in
ID	3,068 in	3,068 in	3,068 in
a”	0,0026 m^2	0,0026 m^2	0,0026 m^2
Pressure Drop	0,058 Pa	0,08701 Pa	8,248 Pa
***Inner* :** Temperatur	30°C	30°C	50 °C
IPS	2 in	2 in	2 in
Sch. No	40	40	40
OD	2,38 in	2,38 in	2,38 in
ID	2,067 in	2,067 in	2,067 in
a”	0,0233 m^2	0,0233 m^2	0,0233 m^2
Pressure Drop	0,029 Pa	0,122 Pa	0,04 Pa
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah
Harga	US$ 9,356.00	US$ 9,356.00	US$ 11,182.00

6. Cooler

Adapun spesifikasi cooler ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 6 Spesifikasi Cooler

Kode	E-221	E-322	E-323
Fungsi	Untuk mendinginkan hasil dari reaktor 2 (R-212)	Untuk mendinginkan hasil atas Menara Distilasi (D-311)	Untuk mendinginkan hasil bawah Menara Distilasi (D-311)
Jenis	*Double Pipe*	*Double Pipe*	*Double Pipe*
***Annulus* :** Temperatur	50^{o}C	30 ^{o}C	30^{o}C
IPS	3 in	1/2 in	8 in
Sch. No	40	40	40
OD	3,50 in	0,75 in	8,63 in
ID	0,4933,068 in	0,493 in	8,625 in
a”	0,045 m^2	0,000158 m^2	0,0138 m^2
Pressure Drop	0,015 Pa	0,2 Pa	0,00008 Pa
***Inner* :** Temperatur	150^{o}C	228^{o}C	230^{o}C
IPS	2 in	0,13 in	6 in
Sch. No	40	40	40
OD	2,38 in	1/2 in	6,63 in
ID	2,067 in	0,364 in	6,065 in
a”	2,46 m^2	0,0013 m^2	0,19 m^2
Pressure Drop	0,00115 Pa	2,64 Pa	0,000025 Pa
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah
Harga	US$ 850,000	US$ 957,88	US$ 945,76

7. Menara Distilasi

Adapun spesifikasi Menara Distilasi ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 7 Spesifikasi Menara Distilasi

Kode	D-311
Fungsi	Memisahkan *Tricresyl Phosphate*sebagai hasil utama dari *phosphorus oxychloride*dan *Cresol*
Tipe	*Sieve Tray*
Jumlah *Plate*	20*plate*
Plate spacing	0,3 m
Diameter atas	1,0532m
Diameter bawah	1,0563m
Bahan	*Carbon steel* SA-283 *grade* C
Tebal dinding	0,0047 m
Tinggi Menara	7,5378 m
Harga	US$ 44,979.00

8. *Condensor*

Adapun spesifikasi condensor ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 8 Spesifikasi Condensor

Kode	E-331
Fungsi	Untuk mengembunkan uaphasil atas dari D-311
Jenis	*Shell and tube*
Beban Panas	221.102,719 btu/jam
Luas Transfer Panas (ft2)	254,8873 ft^2
Panjang (ft)	12 ft
Shell Side (ID)	15,25 in
Tube Side (OD)	0,7500 in
Dirt Factor	0,001 m^2
Jumlah	1
Harga	US$ 12,437.00

9. *Reboiler*

Adapun spesifikasi reboiler ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 9 Spesifikasi Reboiler

Kode	E-341
Fungsi	Untuk menguapkan kembali hasil bawah dari D-311
Jenis	*Shell and tube*
Beban Panas	134.493,5679 btu/jam
Luas Transfer Panas	238,7008 ft^2
Panjang (ft)	16 ft
Shell Side (ID)	12,00 in
Tube Side (OD)	0,75 in
Dirt Factor	0,001 m^2
Jumlah	1
Harga	US$ 7,303.00

10. *Accumulator*

Adapun spesifikasi accumulator ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 10 Spesifikasi Accumulator

Kode	F-321	F-322
Fungsi	Menampung hasil atas separator (H-311)	Menampung kondensat dari menara distilasi (D-311)
Tipe	*Silinder Horizontal*	*Silinder Horizontal*
Bahan	*Carbon Steel* SA-283 *grade* C	*Carbon Steel* SA-283 *grade* C
Diameter	0,3151 m	1,0991 m
Panjang	1,8905 m	6,5948 m
Volume	155,527 L	6.601,529 L
Suhu	50ºC	228ºC
Tekanan	2 atm	1 atm
Waktu tinggal	5 menit	5 menit
Tebal head	0,007936 m	0,009525 m
Harga	US$ 14,035.00	US$ 14,035.00

11. *Kompresor*

Adapun spesifikasi kompresor ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 11 Spesifikasi Kompresor

Kode	G-321
Fungsi	Menaikkan tekanan gas keluaran dari H-311
Tipe	*Rotary screw*
Tekanan	Pin = 2 atm Pout = 4 atm
Temperatur	50^{o}C
Daya	13 Hp
Harga	US$ 18,256.00

12. *Expantion Valve*

Adapun spesifikasi expantion valve ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 12Spesifikasi Expantion Valve

Kode	G-211
Fungsi	Menurunkan tekanan cairan keluaran reaktor 2 (R-212)
Tipe	*Gate Valve*
Tekanan masuk	10 atm
Tekanan keluar	2 atm
Temperatur	Tin = 150^{o}C Tout = 50 ^{o}C
Diameter	0,042 m
Harga	US$ 3,252.00

13. *Pompa*

Adapun spesifikasi pompa ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 13 Spesifikasi Pompa

Kode	L-111	L-112
Fungsi	Untuk memompa bahan baku Cresol (C_7H_8O) ke ke tangki penimpan (F-111)	Untuk memompa bahan baku Phosphorus Oxychloride ($POCl_3$) ke tangki penyimpan (F-112)
Jenis	Sentrifugal	Sentrifugal
Diameter	0,039 m	0,024 m
Tenaga Motor	3 Hp	1,0 Hp
Jumlah	1 buah	1 buah
Harga	US$ 1,826.00	US$ 3,195.00

14. *Pompa*

Adapun spesifikasi pompa ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 14 Spesifikasi Pompa

Kode	L-113	L-114	L-211
Fungsi	Untuk memompa bahan baku Cresol (C_7H_8O) ke reaktor 1 (R-211)	Untuk memompa bahan baku Phosphorus Oxychloride ($POCl_3$) ke reaktor 1 (R-211)	Untuk mengalirkan fluida hasil reaktor 1 (R-211) menuju ke reaktor 2 (R-212)
Jenis	Sentrifugal	Sentrifugal	Sentrifugal
Diameter	0,039 m	0,024 m	0,0422 m
Tenaga Motor	3 Hp	1,0 Hp	0,2 Hp
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah
Harga	US$ 1,826.00	US$ 3,195.00	US$ 2,967.00

15. *Pompa*

Adapun spesifikasi Reaktor Alir Tangki Berpengaduk ditunjukkan dengan tabel berikut:

Tabel 3. 15 Spesifikasi Pompa

Kode	L-311	L-312	L-313
Fungsi	Untukmengalirkan campuran fluida hasil bawah separator (H-311) ke Menara Distilasi (D-311)	Untuk mengalirkan hasil atas separator (H-311) ke tangki penyimpan (F-311)	Untuk mengalirkan hasil atas Menara Distilasi (D-311) ke HE (E-322)
Jenis	Sentrifugal	Sentrifugal	Sentrifugal
Diameter	0,035 m	0,122 m	0,04 m
Tenaga Motor	0,0674 Hp	0,17 Hp	0,910 Hp
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah
Harga	US$ 2,168.00	US$ 2,396.00	US$ 2,853.00

3. 3 Perencanaan Produksi

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.

a.) Kemampuan pasar

Dapat dibagi 2 kemungkinan, yaitu:

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

b.) Kemampuan pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

- Material (bahan baku)

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

- Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

- Mesin (peralatan)

  Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektifdan 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.