

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. Uraian Proses

3.1.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Benzene sebanyak 2563,0396 kg/jam disimpan dalam tangki penyimpanan *benzene* (T-02) pada tekanan 1 atm dan suhu 30 °C. *Benzene* dinaikkan tekanannya menjadi 25 atm menggunakan pompa (P-02) lalu dialirkan menuju *vaporizer* (V-01) yang sebelumnya umpan dicampur dengan arus *recycle* dari menara distilasi (MD-01) untuk mengubah fase dari cair menjadi gas. Suhu campuran yang masuk *vaporizer* (V-01) sebesar 102,7408°C, pada tekanan 25 atm. Setelah itu, gas campuran keluaran dari *vaporizer* (V-01) pada suhu 238,2507°C dipisahkan dalam separator (S-03), cairan yang belum teruapkan dalam separator di-*recycle* kembali menuju *vaporizer* (V-01). Gas hasil atas separator (S-03) dinaikkan suhunya menjadi 350°C menggunakan *heat exchanger* (E-01). Selanjutnya *benzena* dialirkan menuju reaktor (R-01).

Propylene sebanyak 1346,7047 kg/jam disimpan dalam tangki penyimpanan *propylene* (T-01) pada tekanan 13 atm dan suhu 30 °C. Selanjutnya dinaikkan tekanannya menjadi 25 atm menggunakan pompa (P-01) lalu dialirkan menuju *vaporizer* (V-02) untuk mengubah fase dari cair menjadi gas. Campuran gas keluaran dari *vaporizer* (V-02) pada suhu 60,2431°C dipisahkan di separator (S-02), cairan yang belum teruapkan di-*recycle* untuk dialirkan ke *vaporizer* (V-

02). Gas keluaran separator (S-02) dinaikan lagi menjadi 350 °C menggunakan *heat exchanger* (E-01). Selanjutnya *propylene* dialirkan menuju reaktor (R-01).

3.1.2. Tahap Pembentukan Produk

Propylene dan *benzene* yang masing-masing telah bersuhu 350 °C tekanan 25 atm dimasukkan kedalam reaktor (R-01) dengan tipe *fixed bed multitube* yang berisi katalis *zeolite* QZ-2000. Katalis ini aktif pada suhu 350 °C dan bisa diregenerasi. Reaksi pembentukan cumene berlangsung dalam fase gas dan bersifat eksotermis dan *irreversible*. Proses yang dipilih adalah non adiabatik dan non isothermal. Komposisi reaktan *benzene* dengan *propylene* yaitu 2:1 dengan konversi reaksi sebesar 99%.

Reaksi yang terjadi pada reaktor (R-01) (alkilasi) adalah:

Reaksi Utama:



Reaksi Samping:



Reaksi *alkilasi* yang berlangsung menghasilkan produk cumene sebanyak 3789,7729 kg/jam. Panas yang dihasilkan diserap oleh pendingin *dowtherm A*.

Gas hasil reaksi dari *reaktor fixed bed multitube* keluar dengan suhu 350,0002 °C dan tekanan 25 atm, kemudian diturunkan tekanan menggunakan *expantion valve* (EV) menjadi 1 atm dan diturunkan suhunya menggunakan *heat exchanger 3* (E-03) dan *heat exchanger 4* (E-04) menjadi 100 °C, kemudian diubah fasenya menjadi cair dan diturunkan suhunya menjadi 75 °C menggunakan kondenser (CD-01).

Campuran produk dipisahkan di separator drum (S-01), hasil atas berupa gas yaitu *propylene* dan *propane* di *purging*, sedangkan hasil bawah berupa cairan yaitu *benzene*, *toluene*, *cumene* dan DPIB dialirkan menuju menara destilasi (MD-01). Hasil atas menara distilasi (MD-01) berupa *benzene*, *toulene* dan *cumene* sebanyak 2439,1814 kg/jam di *recycle*, sedangkan hasil bawah menara distilasi (MD-01) berupa *benzene*, *toulene*, *cumene* dan DPIB sebanyak 3787,8788 kg/jam berfase cair dialirkan menuju tangki penyimpanan *cumene* (T-03) dengan tekanan 1 atm dan suhu 30 °C dengan kemurnian produk 99,94%.

3.2. Spesifikasi Alat

3.2.1. Tangki Penyimpanan *Propylene* (T-01)

Fungsi : Menyimpan bahan baku *propylene* sebanyak 1095,7753 m³ untuk keperluan 14 hari

Jenis : *Spherical tank*

Fase : Cair

Jumlah : 2

Kondisi Operasi : Tekanan = 13 atm

Suhu = 30 °C

Spesifikasi : Diameter = 10,2993 m

Tebal Shell = 0,1809 in

Bahan : *Carbon Steel SA 285 Grade C*

Harga : \$ 123.717,27

3.2.2. Tangki Penyimpanan *Benzene* (T-02)

Fungsi : Menyimpan bahan baku *benzene* sebanyak 1190,4427 m³ untuk keperluan 14 hari

Jenis : Tangki silinder tegak dengan *flat bottomed* dan *conical roof*

Fase : Cair

Jumlah : 1

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 30 °C

Spesifikasi : Diameter = 18,2880 m

Tinggi = 10,6433 m

Tebal Head = 0,25 in

Tebal Shell = 0,4375 ; 0,375 ; 0,3125 ; 0,25 in

Bahan : *Carbon Steel SA 285 Grade C*

Harga : \$ 151.275,71

3.2.3. Tangki Penyimpanan produk Cumene (T-03)

Fungsi	: Menyimpan produk cumene sebanyak 1488,2431 m ³ untuk keperluan 14 hari
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan <i>flat bottomed</i> dan <i>conical roof</i>
Fase	: Cair
Jumlah	: 1
Kondisi Operas	: Tekanan = 1 atm Suhu = 30 °C
Spesifikasi	: Diameter = 18,288 m Tinggi = 10,6433 m Tebal Head = 0,1875 in Tebal Shell = 0,4375 ; 0,375 ; 0,3125 ; 0,1875 in
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 285 Grade C</i>
Harga	: \$ 196.930,46

3.2.4. Reaktor (R-01)

Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi antara <i>benzene</i> dan <i>propylene</i> menjadi cumene sebanyak 3789,7729 kg/jam
Jenis	: <i>Fixed bed multitube</i>
Fase	: Gas
Katalis	: Katalis <i>zeolite QZ-2000</i>
Kondisi Operasi	: Eksotermis Tekanan = 25 atm

Suhu = 350 °C

Spesifikasi : Diameter = 1,6764 m

Tinggi = 5,7035 m

Tebal Head = 1,5 in

Tebal Shell = 1,5 in

Jumlah : 1 buah

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 687.778,15

3.2.5. Separator (S-01)

Fungsi : Memisahkan *benzena, toluena, cumene* dan DIPB dalam fase cair dengan *propylene* dan *propana* dalam fase gas.

Jenis : *Vertical Drum Separator*

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu = 75 °C

Spesifikasi : Diameter = 0,4572 m

Tinggi = 2,3083 m

Tebal Head = 0,1875 in

Tebal Shell = 0,1875 in

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 8.279,36

3.2.6. Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi : Memisahkan *benzene* sebagai produk atas dan *cumene* sebagai produk bawah

Jenis : *Tray column*

Kondisi Operasi : -Puncak Menara : Tekanan = 1 atm
Suhu = 80,7752 °C
-Umpan : Tekanan = 1 atm
Suhu = 100,7639 °C
-Dasar Menara : Tekanan = 1 atm
Suhu = 153,3878 °C

Spesifikasi : Diameter = 0,7027 m
Tinggi = 12,5406 m
Tebal Head = 0,1875 in
Tebal Shell = 0,1875 in

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 23.655,31

3.2.7. Vaporizer 1 (VP-01)

Fungsi : Memanaskan dan menguapkan sebagian *benzene*, *toluene* dan *recycle* dari MD-01 dengan menggunakan pemanas *steam*.

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger, counter flow*

Beban panas : 3.111.989,5643 kJ/jam

Luas transfer panas : 250,4696 ft²

Panjang : 16 ft

Shell side :

-Ukuran : ID = 13,25 in

Baffle pass = 10,60 in

Tube side

-Ukuran : ID = 0,856 in

OD / BWG = 1 in / 15

Jumlah tube = 66

Dirt factor = 0,0071

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 101.836,11

3.2.8. Vaporizer 2 (VP-02)

Fungsi : Memanaskan dan menguapkan sebagian *propylene* dan *propane* dengan menggunakan pemanas *steam*

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger, counter flow*

Beban panas : 548.271,9173 kJ/jam

Luas transfer panas : 239,6360 ft²

Panjang : 14 ft

Shell side :

-Ukuran : ID = 13,25 in

Baffle pass = 10,60 in

Tube side :

-Ukuran : ID = 0,856 in

OD / BWG = 1 in / 15

Jumlah tube = 66

Dirt factor = 0,005

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 94.384,69

Heat Exchanger 1 (E-01)

Fungsi : Memanaskan *benzene*, *toluene* dan *recycle* dari MD-01 dengan menggunakan pemanas *steam*.

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger, counter flow*

Beban panas : 1.087.662,944 kJ/jam

Luas transfer panas : 245,0692 ft²

Panjang : 14 ft

Shell side :

-Ukuran : ID = 12 in

Baffle pass = 9,60 in

Tube side :

-Ukuran : ID = 0,620 in

OD/BWG = 0,75 in

Jumlah tube = 90

Dirt factor = 0,0059

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 29.923,97

3.2.9. Heat Exchanger 2 (E-02)

Fungsi : Memanaskan *propylene* dan *propane* dengan menggunakan pemanas *steam*

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger, counter flow*

Beban panas : 825.509,8188 kJ/jam

Luas transfer panas : 333,5516 ft²

Panjang : 14 ft

Shell side :

-Ukuran : ID = 15,25 in

Baffle pass = 12,20 in

Tube side :

-Ukuran : ID = 0,62 in

OD/BWG = 0,75 in / 16

Jumlah tube = 124

Dirt factor = 0,0509

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 23.418,76

3.2.10. Expansion Valve (EV-01)

Fungsi : Menurunkan tekanan gas yang keluar dari reaktor (R-01)
dari 25 atm menjadi 1 atm

Jenis : *Globe Valve*

Ukuran Pipa : ID = 2,067 in

Sch. No. = 40

NPS = 2,00 in

OD = 2,38 in

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 3.548,30

3.2.11. Heat Exchanger 3 (E-03)

Fungsi : Mendinginkan campuran gas keluar reaktor (R-01)
menjadi 215°C

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger, counter flow*

Beban panas : 1.917.938,6125 kJ/jam

Luas transfer panas : 288,2590 ft²

Panjang : 20 ft

Shell side :

-Ukuran : ID = 12 in

Baffle pass = 9,6 in

Tube side :

-Ukuran : ID = 0,532 in

OD/BWG = 0,75 in / 12

Jumlah tube = 74

Dirt factor = 0,0671

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 20.698,40

3.2.12. Heat Exchanger 4 (E-04)

Fungsi : Mendinginkan campuran gas keluar reaktor (R-01) dari
215°C menjadi 100°C

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger, counter flow*

Beban panas : 1.361.860,7290 kJ/jam

Luas transfer panas : 447,1223 ft²

Panjang : 20 ft

Shell side :

-Ukuran : ID = 15,25 in

Baffle pass = 12,20 in

Tube side :

-Ukuran : ID = 0,856 in

OD/BWG = 1 in / 15

Jumlah tube = 86

Dirt factor = 0,0602

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 30.042,24

3.2.13. Condensor 1 (CD-01)

Fungsi	: Mengembunkan dan mendinginkan keluaran reaktor (R01)
Jenis	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger, counter flow</i>
Beban panas	: 1.947.873,3683 kJ/jam
Luas transfer panas	: 268,1521 ft ²
Panjang	: 20 ft
Shell side	:
-Ukuran	: ID = 12 in
	Baffle pass = 9,6 in
Tube side	:
-Ukuran	: ID = 0,856 in
	OD/BWG = 1 in / 15
	Jumlah tube = 124
	Dirt factor = 0,0080
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Harga	: \$ 46.364,41

3.2.14. Condensor 2 (CD-02)

Fungsi	: Mengembunkan uap hasil atas menara distilasi (MD-01)
Jenis	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger, counter flow</i>
Beban panas	: 12.319.505,06 kJ/jam
Luas transfer panas	: 1496,5077 ft ²

Panjang : 12 ft

Shell side :

-Ukuran : ID = 29 in

Baffle pass = 23,2 in

Tube side :

-Ukuran : ID = 0,606 in

OD/BWG = 0,75 in / 15

Jumlah tube = 692

Dirt factor = 0,0071

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$50.740,64

3.2.15. Reboiler (RB-01)

Fungsi : Menguapkan hasil bawah menara distilasi (MD-01)

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger, counter flow*

Beban panas : 12.627.665,129 kJ/jam

Luas transfer panas : 345,1813 ft²

Panjang : 12 ft

Shell side :

-Ukuran : ID = 15,25 in

Baffle pass = 12,2 in

Tube side :

-Ukuran : ID = 0,606 in

OD/BWG = 0,75 in / 15

Jumlah tube = 160

Dirt factor = 0,0038

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 24.956,35

3.2.16. Tangki Akumulator (ACC-01)

Fungsi : Menampung arus keluaran kondensor pada MD-01 untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar.

Jenis : Tangki *Silinder Horizontal*

Spesifikasi : Diameter = 0,3625 m

Panjang = 2,4089 m

Tebal Shell = 0,1875 in

Tebal Head = 0,1875 in

Bahan : *Carbon Steel SA 285 Grade C*

Harga : \$ 354,83

3.2.17. Heat Exchanger 5 (E-05)

Fungsi : Mendinginkan campuran cairan keluaran Menara Distilasi 1 (MD-01) menjadi 30°C

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger, counter flow*

Beban panas : 975.190,7110 kJ/jam

Luas transfer panas : 989,4027 ft²

Panjang : 20 ft

Shell side :

-Ukuran : ID = 21,25 in

Baffle pass = 17 in

Tube side :

-Ukuran : ID = 0,856 in

OD/BWG = 1 in / 15

Jumlah tube = 199

Dirt factor = 0,0738

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Harga : \$ 59.020,00

3.2.18. Pompa 1 (P-01)

Fungsi : Menaikan tekanan dan mengalirkan *propylene* dari Tangki-01 ke *Vaporizer*

Jenis : *Centrifugal Pump*

Ukuran Pipa : ID = 1,38 in

Sch. = 40

NPS = 1,25 in

OD = 1,66 in

Total Head : 8,5039 m

Motor Penggerak : 0,33 HP

Bahan : *Low Alloy Steel SA 353*

Harga : \$ 36.074,35

3.2.19. Pompa 2 (P-02)

Fungsi : Menaikan tekanan dan mengalirkan *benzene* dari Tangki-02 dan *recycle* dai MD-01 ke *Vaporizer*

Jenis : *Centrifugal Pump*

Ukuran Pipa : ID = 2,067 in

Sch. = 40

NPS = 2 in

OD = 2,38 in

Total Head : 9,9346 m

Motor Penggerak : 0,5 HP

Bahan : *Low Alloy Steel SA 353*

Harga : \$40.332,30

3.2.20. Pompa 3 (P-03)

Fungsi : Mengalirkan Cairan dari Condensor-01 (CD-01) ke Separator-01 (SP-01)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Ukuran Pipa : ID = 2,469 in

Sch. = 40

NPS = 2,5 in

OD = 2,88 in

Total Head : 1,9790 m

Motor Penggerak : 0,13 HP, 3600 rpm
 Bahan : *Low Alloy Steel SA 353*
 Harga : \$40.332,30

3.2.21. Pompa 4 (P-04)

Fungsi : Mengalirkan cairan dari Separator-01 (SP-01) ke Menara Distilasi (MD-01)
 Jenis : *Centrifugal Pump*
 Ukuran Pipa : ID = 2,469 in
 Sch. = 40
 NPS = 2,5 in
 OD = 2,88 in
 Total Head : 3,5774 m
 Motor Penggerak : 0,2500 HP
 Bahan : *Low Alloy Steel SA 353*
 Harga : \$ 40.332,30

3.2.22. Pompa 5 (P-05)

Fungsi : Mengalirkan Cumene dari Menara Distilasi 1 (MD-01) ke Tangki 3 (T-03)
 Jenis : *Centrifugal Pump*
 Ukuran Pipa : ID = 2,067 in
 Sch. = 40
 NPS = 2 in
 OD = 2,38 in

Total Head : 3,9280 m
 Motor Penggerak : 0,2500 HP
 Bahan : *Low Alloy Steel SA 353*
 Harga : \$ 40.332,30

3.2.23. Pompa 6 (P-06)

Fungsi : Mengalirkan *recycle* cairan dari Accumulator-01 ke Vaporizer 1 (VP-01)
 Jenis : *Centrifugal Pump*
 Ukuran Pipa : ID = 1,61 in
 Sch. = 40
 NPS = 1,5 in
 OD = 1,9 in
 Total Head : 4,0967 m
 Motor Penggerak : 0,1700 HP
 Bahan : *Low Alloy Steel SA 353*
 Harga : \$ 36.074,35

3.2.24. Separator 2 (S-02)

Fungsi : Memisahkan sebagian cairan yang belum teruapkan dari *vaporizer 2* (VP-02).

Jenis : Vertical Drum Separator

Kondisi Operasi : Tekanan = 25 atm

Suhu = 60,2431 °C

Spesifikasi : Diameter = 0,3048 m
 Tinggi = 1,5878 m
 Tebal Head = 0,4375 in

Tebal Shell = 0,4375 in
 Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C
 Harga : \$ 6.268,66

3.2.25. Separator 3 (S-03)

Fungsi : Memisahkan sebagian cairan yang belum teruapkan dari *vaporizer 1* (VP-01).

Jenis : Vertical Drum Separator

Kondisi Operasi : Tekanan = 25 atm
 Suhu = 238,2507 °C

Spesifikasi : Diameter = 0,4572 m

Tinggi = 1,6689 m

Tebal Head = 0,5000 in

Tebal Shell = 0,625 in

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Harga : \$ 8.279,36

3.3. Perencanaan Produksi

3.3.1. Analisa Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Ketersediaan bahan baku *propylene* diperoleh dari PT Chandra Asri di Cilegon (kapasitas 470.000 ton per tahun). Sedangkan bahan baku *benzene* di peroleh dari Kilang *Paraxylene* dari PT. Pertamina RU IV di Cilacap, Jawa Tengah (kapasitas 270.000 ton per tahun).

Tabel 3.1 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan bahan baku (ton/tahun)	Rerata ketersediaan bahan baku (ton/tahun)
Kebutuhan <i>propylene</i> 1346,7047 kg/jam	10.665,8981	470.000
Kebutuhan <i>benzene</i> 2563,0396 kg/jam	20.299,2760	270.000

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku *propylene* dan *benzene* dapat memenuhi kebutuhan pabrik, atau dengan kata lain ketersediaan bahan baku aman untuk proses produksi.

3.3.2. Analisa Kebutuhan Peralatan Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya

analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

