

BAB III

PERANCANGAN PROSES

Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan maka pada perancangan pabrik *allyl chloride* perlu memilih proses yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

3.1. Uraian Proses

3.1.1. Proses Produksi

Pada proses pembuatan *allyl chloride* dari bahan baku *propylene* dan *chlorine* yang merupakan proses klorinasi *propylene*, dibagi dalam tiga tahap, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemisahan dan pemurnian produk

3.1.1.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

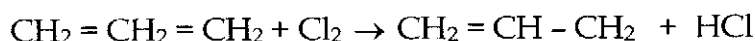
Bahan baku yang berupa *propylene* (C_3H_6) yang mula-mula berbentuk fase cair pada suhu $30\text{ }^\circ\text{C}$ tekanan $12,73\text{ atm}$ sebelum masuk ke tangki penyimpanan (T-01) di pompa (P-01) dari pipa distribusi bahan baku. *Propylene* dialirkan dari tangki penyimpanan (T-01) melewati *expansion valve* (EV) untuk menurunkan

tekanannya menjadi 2,06 atm dengan suhu 30 °C menuju separator (SP-01) untuk dipisahkan uap dan cairannya. Sebelum diumpankan kedalam reaktor (R-01), uap *propylene* dicampur dengan uap *recycle* dari keluaran atas absorber (AB-01). *Propylene* dipanaskan untuk menaikkan suhu hingga mencapai 183 °C dengan mengalirkan ke *heat exchanger* (HE-01) menggunakan pemanas *steam* kemudian dipanaskan lagi untuk menaikkan suhu dengan mengalirkan ke *heat exchanger* (HE-02) dengan pemanas dari produk reaktor sampai mencapai suhu menjadi 250 °C

Bahan baku *chlorine* (Cl₂) mula-mula berbentuk fase cair pada suhu 30 °C dan tekanan 8,7 atm sebelum masuk ke tangki penyimpanan (T-2) di pompa (P-02) dari pipa distribusi bahan baku. *Chlorine* dialirkan dari tangki penyimpan (T-02) melewati *expansion valve* (EV) untuk menurunkan tekanannya menjadi 2,08 atm dengan suhu 30 °C menuju separator (SP-02) untuk dipisahkan uap dan cairannya. Sebelum diumpankan kedalam reaktor (R-01), terlebih dahulu uap *chlorine* dipanaskan untuk menaikkan suhu hingga mencapai 70 °C dengan mengalirkan ke *heat exchanger* (HE-03) dengan menggunakan pemanas dari produk reaktor. Kemudian uap *chlorine* dipanaskan lagi dengan mengalirkan ke *heat exchanger* (HE-04) dengan menggunakan pemanas dari produk reaktor sampai suhu menjadi 250 °C.

3.1.1.2. Proses Pembentukan Produk

Proses pembuatan *allyl chloride* (C_3H_5Cl) dari *propylene* (C_3H_6) dan *chlorine* (Cl_2) dapat dijelaskan sebagai berikut :



Proses *allyl chloride* ini berlangsung di dalam reaktor *single tube/mono tube* (R-01). Reaksi berlangsung pada fase gas tanpa bantuan katalisator. Reaktor bekerja dalam keadaan *eksotermis* dengan kondisi *adiabatic non isothermal* dengan tekanan 2 atm dan suhu 250 °C sampai dengan suhu 492 °C pada reaktor alir pipa *mono tube/single tube*. Karena reaksi terjadi pada *range* suhu 250 °C - 500 °C, maka tidak perlu dipakai pendingin.

Campuran gas yang keluar dari reaktor yang terdiri dari *hidrogen chloride* (HCl), *propylene* (C_3H_6), *propane* (C_3H_8), *chlorine* (Cl_2), *allyl chloride* (C_3H_5Cl), dan *1,2 dichloropropane* ($C_3H_6Cl_2$)

dialirkan untuk didinginkan di *Waste Heat Boiler* (WHB-01) hingga suhunya turun menjadi 300 °C dengan tekanan 1,95 atm, kemudian dialirkan untuk didinginkan kembali di *Waste Heat Boiler* (WHB-02) sampai suhu 160 °C dengan tekan 1,85 atm. Produk tersebut dialirkan untuk kemudian didinginkan di dalam *cooler* (CL-01) hingga mencapai suhu 100 °C dan kemudian dialirkan untuk diembunkan dalam *condensor* (CD-01) dengan media pendingin amoniak (NH₃) hingga suhu mencapai 84 °C dan tekanan 1,5 atm. Dari *condensor* (CD-01) campuran yang berupa uap dan cairan dialirkan untuk dipisahkan dengan menggunakan separator (SP-03).

3.1.1.3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Campuran gas yang keluar dari bagian atas separator (SP-03) terdiri dari *hidrogen chloride* (HCl), *propylene* (C₃H₆), *propane* (C₃H₈), *chlorine* (Cl₂). Campuran yang keluar dari bagian bawah separator (SP-03) terdiri dari *allyl chloride* (C₃H₅Cl), dan *1,2 dichloropropane* (C₃H₆Cl₂). Campuran gas yang keluar dari bagian atas separator (SP-03) di kompresi dengan *compressor* (CP) hingga tekanan yang dihasilkan 3 atm dengan suhu 30 °C, kemudian dimasukkan kedalam menara absorber (AB-01) untuk menyerap *hidrogen chloride* dengan menggunakan air (H₂O) sebagai media

penyerap menjadi produk. Produk yang terbentuk keluar pada bagian bawah menara absorber (AB-01) berupa larutan *hidrogen chloride* dengan suhu 30 °C dengan tekanan 2,9 atm yang kemudian dialirkan melewati *expansion valve* (EV) menuju ke tangki penyimpan (T-03) dengan suhu 30 °C tekanan 1 atm. Gas yang keluar pada bagian atas menara absorber (AB-01) berupa campuran *propylene* dan *propane* sebagian dipurging ke UPL, sebagian lagi *direcycle* sebagai umpan reaktor.

Campuran *allyl chloride* dan 1,2 *dichloropropane* yang keluar pada bagian bawah separator (SP-03) diumpankan ke menara destilasi (MD-01) dengan menggunakan pompa (P-03). Pada hasil atas menara destilasi (MD-01) sebagian dipompakan lagi sebagai *refluk* dan sebagian lagi diambil sebagai produk yaitu *allyl chloride* 98% dengan suhu 45 °C tekanan 1,5 atm. Produk ini dialirkan menggunakan pompa (P-04) untuk didinginkan di *cooler* (CL-02) dengan media pendingin air hingga suhu mencapai 30 °C dan tekanan 1 atm, kemudian disimpan dalam tangki (TP-04).

Pada hasil bawah menara destilasi (MD-01) berupa 1,2 *dichloropropane* dengan suhu 107 °C dan tekanan 1,5 atm dialirkan menggunakan pompa (P-04) untuk didinginkan di *cooler* (CL-03) dengan media pendingin air hingga suhu menjadi 30 °C dan tekanan 1 atm yang kemudian disimpan dalam tangki (T-05).

3.2. Spesifikasi Alat Produk

Spesifikasi peralatan pada perancangan pabrik *allyl chloride* (C_3H_5Cl) dari bahan baku *propylene* (C_3H_6) dan *chlorine* (Cl_2) dengan kapasitas 18.000 ton/tahun meliputi :

3.2.1. Pompa (P-01)

Fungsi : Memompa bahan baku *propylene* (C_3H_6) dari unit pembelian ke tangki bahan mentah (T-01)

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

NSP : 3,5 inch

Sch number : 40

ID : 3,548 inch

OD : 4 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,007 m³/s

Head pompa

Friction head : 2,116 m

Pressure head : 0 m

Static Head : 10,5 m

Velocity head : 0,056 m

Putaran pompa

Kecepatan putar : 314,16 rad/s

Kecepatan spesifik : 0,69 rad

Horse power

Brake horse power : 1,508 HP

Effisiensi motor : 0,45%

Motor standar : 2 HP standard NEMA

Harga : \$ 4.500

Jumlah pompa : 2

3.2.2. Pompa (P-02)

Fungsi : Memompa bahan baku *chlorine* (Cl_2)
dari unit pembelian ke tangki bahan
mentah (T-02)

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

NSP : 3 inch

Sch number : 40

ID : 3,056 inch

OD : 3,5 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,007 m³/s

Head pompa

Friction head : 4,74 m

Pressure head : 0 m

Static Head : 10,5 m

Velocity head : 0,099 m

Putaran pompa

Kecepatan putar : 314,159 rad/s

Kecepatan spesifik : 0,597 rad

Horse power

Brake horse power : 0,502 HP

Effisiensi motor : 0,82%

Motor standar : 0,75 HP standard NEMA

Harga : \$ 4.500

Jumlah pompa : 2

3.2.3. Pompa (P-03)

Fungsi : Memompa campuran *allyl chloride* dan *dichloropropane* dari separator (SP-03) ke menara distilasi (MD-01)

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

NSP : 2,5 inch

Sch number : 40
ID : 2,469 inch
OD : 2,875 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,0026 m³/s

Head pompa

Friction head : 1,583 m
Pressure head : 1,32 m
Static Head : 17,91 m
Velocity head : 0,0362 m

Putaran pompa

Kecepatan putar : 157,08 rad/s
Kecepatan spesifik : 0,1483 rad

Horse power

Brake horse power : 1,67 HP

Effisiensi motor : 0,82%

Motor standar : 2 HP standard NEMA

Harga : \$ 5.700

Jumlah pompa : 2

3.2.4. Pompa (P-04)

Fungsi : Memompa embunan dari akumulator (AC-01) menara ditilasi (MD-01) ke puncak menara distilasi (MD-01) dan tangki penyimpan (T-04)

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

NSP : 2 inch

Sch number : 40

ID : 2,067 inch

OD : 2,376 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,0026 m³/s

Head pompa

Friction head : 2,385 m

Pressure head : 1,374 m

Static Head : 24,49 m

Velocity head : 0,0354 m

Putaran pompa

Kecepatan putar : 157,08 rad/s

Kecepatan spesifik : 0,159 rad

Horse power

<i>Brake horse power</i>	: 0,98 HP
Effisiensi motor	: 0,82%
Motor standar	: 1 HP standard NEMA
Harga	: \$ 5.700
Jumlah pompa	: 2

3.2.5. Pompa (P-05)

Fungsi : Memompa campuran *allyl chloride* dan *dichloropropane* dari reboiler (RB-01) ke tangki penyimpan hasil (T-05)

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

NSP : 1,5 inch

Sch number : 40

ID : 1,61 inch

OD : 1,9 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,001 m³/s

Head pompa

Friction head : 2,81 m

Pressure head : -13,66 m

Static Head : 17,29 m

Velocity head : 0,023 m

Putaran pompa

Kecepatan putar : 157,08 rad/s

Kecepatan spesifik : 0,351 rad

Horse power

Brake horse power : 0,16 HP

Effisiensi motor : 0,82%

Motor standar : 0,5 HP standard NEMA

Harga : \$ 4.500

Jumlah pompa : 2

3.2.6. Pompa (P-06)

Fungsi : Memompa bahan HCl sebagai produk samping dari tangki penyimpanan (T-03) ke mobil penjualan

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

NSP : 3 inch

Sch number : 40

ID : 3,068 inch

OD : 3,5 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa	: 0,007 m ³ /s
Head pompa	
<i>Friction head</i>	: 4,34 m
<i>Pressure head</i>	: 0 m
<i>Static Head</i>	: 4,2 m
<i>Velocity head</i>	: 0,099 m
Putaran pompa	
Kecepatan putar	: 314,16 rad/s
Kecepatan spesifik	: 22,95 rad
Horse power	
<i>Brake horse power</i>	: 0,88 HP
Efisiensi motor	: 0,82%
Motor standar	: 1 HP standard NEMA
Harga	: \$ 4.500
Jumlah pompa	: 2

3.2.7. Pompa (P-07)

Fungsi	: Memompa <i>allyl chloride</i> (C ₃ H ₅ Cl) sebagai produk utama dari tangki penyimpanan (T-05) ke mobil penjualan
Tipe	: Pompa sentrifugal
Spesifikasi pipa	

NSP : 3,5 inch
Sch number : 40
ID : 3,548 inch
OD : 4 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,007 m³/s

Head pompa

Friction head : 2,31 m

Pressure head : 0 m

Static Head : 4,2 m

Velocity head : 0,056 m

Putaran pompa

Kecepatan putar : 314,16 rad/s

Kecepatan spesifik : 1,13 rad

Horse power

Brake horse power : 0,53 HP

Effisiensi motor : 0,82%

Motor standar : 1 HP standard NEMA

Harga : \$ 4.500

Jumlah pompa : 2

3.2.8. Pompa (P-08)

Fungsi : Memompa 1,2 *dichloropropane* ($C_3H_6Cl_2$) sebagai produk samping dari tangki penyimpanan (T-04) ke mobil penjualan

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

NSP : 3 inch

Sch number : 40

ID : 3,068 inch

OD : 3,5 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,007 m³/s

Head pompa

Friction head : 5,13 m

Pressure head : 0 m

Static Head : 4,2 m

Velocity head : 0,099 m

Putaran pompa

Kecepatan putar : 314,16 rad/s

Kecepatan spesifik : 0,861 rad

Horse power

<i>Brake horse power</i>	: 0,821 HP
Effisiensi motor	: 0,82%
Motor standar	: 1 HP standard NEMA
Harga	: \$ 4.500
Jumlah pompa	: 2

3.2.9. Accumulator (AC-01)

Fungsi : Menampung sementara embunan yang keluar dari kondensor (CD-02) hasil atas menara distilasi (MD-01) yang akan dijadikan reflux dan sebagian lagi akan masuk sebagai produk utama *allyl chloride*

Tipe : Tangki silinder horizontal

Waktu tinggal : 10 menit

Dimensi accumulator

Diameter : 0,8 m

Panjang : 2,4 m

Volume : 1,21 m³

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285, grade C*

Tebal shell : 3/16 inch

Harga : \$ 1.500

Jumlah : 1

3.2.10. Condensor (CD-01)

Fungsi : Mengembunkan sebagian produk yang keluar reaktor (R-01) yang berupa campuran HCl, C₃H₆, C₃H₈, Cl₂, C₃H₅Cl, C₃H₆Cl₂

Tipe : *Shell and tube condenser*

Spesifikasi shell

ID shell : 42 inch

Baffle space : 42 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 1.502 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 1 inch *square pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 24 ft

Harga : \$ 94.300

Jumlah : 1

3.2.11. Condensor (CD-02)

Fungsi : Mengembunkan uap yang keluar dari puncak menara distilasi (MD-01)

Tipe : *Shell and tube condenser*

Spesifikasi shell

ID shell : 26 inch

Baffle space : 26 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 555 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 1 inch *triangular pitch*

Pass : 4

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 9.000

Jumlah : 1

3.2.12. Cooler (CL-01)

Fungsi : Mendinginkan produk reaktor (R-01) dari suhu 130°C sampai 84 °C

menggunakan menggunakan media
pendingin amoniak (NH_3)

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Spesifikasi shell

ID shell : 27 inch

Baffle space : 5,4 inch

Pass : 4

Jumlah pipa : 550 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 12 ft

Harga : \$ 23.700

Jumlah : 1

3.2.13. Cooler (CL-02)

Fungsi : Mendinginkan produk atas yang
keluar dari menara distilasi (MD-01)

dari suhu 45 °C - 30 °C dengan
menggunakan pendingin air

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Spesifikasi shell

ID shell : 8 inch

Baffle space : 1,6 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 37 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 1 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 900

Jumlah : 1

3.2.14. Cooler (CL-03)

Fungsi : Mendinginkan produk bawah yang
keluar menara distilasi (MD-01) dari

suhu 107 °C - 30 °C dengan
menggunakan pendingin air

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Spesifikasi shell

ID shell : 10 inch

Baffle space : 2 inch

Pass : 2

Jumlah pipa : 56 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 600

Jumlah : 1

3.2.15. Heat Exchanger (HE-01)

Fungsi : Memanaskan *propylene* (C_3H_6) umpan
reaktor dari suhu 30 °C - 183,483 °C

dengan media pemanas steam jenuh
pada 200 °C

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Spesifikasi shell

ID shell : 8 inch

Baffle space : 8 inch

Pass : 4

Jumlah pipa : 32 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 10 ft

Harga : \$ 2.800

Jumlah : 1

3.2.16. Heat Exchanger (HE-02)

Fungsi : Mendinginkan produk reaktor dari
suhu 300 °C - 260 °C dan memanaskan

propylene (C_3H_6) umpan reaktor
sampai $250\text{ }^\circ\text{C}$

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Spesifikasi shell

ID shell : 10 inch

Baffle space : 10 inch

Pass : 2

Jumlah pipa : 62 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 10 ft

Harga : \$ 9.700

Jumlah : 1

3.2.17. Heat Exchanger (HE-03)

Fungsi : Memanaskan *chlorine* (Cl_2) umpan
reaktor dari suhu $30\text{ }^\circ\text{C}$ - $65\text{ }^\circ\text{C}$ dan

mendinginkan produk umpan reaktor

dari suhu 160 °C - 130 °C

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Spesifikasi shell

ID shell : 10 inch

Baffle space : 2 inch

Pass : 4

Jumlah pipa : 48 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 1 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 4.200

Jumlah : 1

3.2.18. Heat Exchanger (HE-04)

Fungsi : Memanaskan *chlorine* (Cl₂) umpan reaktor dari suhu 65 °C - 250 °C dan

mendinginkan produk umpan reaktor

sampai 260 °C

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Spesifikasi shell

ID shell : 16 inch

Baffle space : 16 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 187 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 10 ft

Harga : \$ 4.700

Jumlah : 1

3.2.19. Compressor (CP-01)

Fungsi : Menekan gas keluar dari absorber
(AB-01) sebanyak 6.793,145 kg/jam
dari 1,5 atm sampai 3 atm

Tipe : Kompresor sentrifugal

Spesifikasi kompresor

Kapasitas kompresor : 2.249,766 m³/jam

Horse power

Brake horse power : 139,233 HP

Effisiensi motor : 0,95%

Motor standar : 150 HP standard NEMA

Harga : \$ 73.700

Jumlah pompa : 2

3.2.20. Separator (SP-03)

Fungsi : memisahkan uap dan cairan yang keluar dari kondensor parsial (CD-01)

Jenis : Tangki silinder tegak dengan *ellipsoidal dished head*

Waktu tinggal : 10 menit

Dimensi separator drum

Diameter : 1,022 m

Tinggi : 2,488 m

Volume : 0,66 m³

Tebal shell : 3/16 inch

Tebal head : 3/16 inch

Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-283 grade C
Harga	: \$ 5.763
Jumlah	: 1

3.2.21. Separator (SP-01)

Fungsi	: Memisahkan uap <i>propylene</i> (C_3H_6) dari cairannya yang keluar dari tangki bahan (T-01) sehingga akan diperoleh uap bebas cairan sebelum diumpankan ke dalam reaktor
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan <i>ellipsoidal dished head</i>
Waktu tinggal	: 5 menit
Dimensi separator drum	
Diameter	: 0,522 m
Tinggi	: 1,83 m
Volume	: 0,17 m ³
Tebal shell	: 5/16 inch
Tebal head	: 5/16 inch
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Harga	: \$ 2.651
Jumlah	: 1

3.2.22. Separator (SP-02)

Fungsi	: Memisahkan uap <i>chlorine</i> (Cl_2) dari cairannya yang keluar dari tangki bahan (T-02) sehingga akan diperoleh uap bebas cairan sebelum diumpankan ke dalam reaktor
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan <i>ellipsoidal</i> <i>dished head</i>
Waktu tinggal	: 5 menit
Dimensi separator drum	
Diameter	: 0,435 m
Tinggi	: 1,52 m
Volume	: 0,097 m ³
Tebal shell	: 5/16 inch
Tebal head	: 5/16 inch
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Harga	: \$ 2.651
Jumlah	: 1

3.2.23. Tangki (T-01)

Fungsi : Menyimpan bahan baku *propylene* (C_3H_6) sebanyak 2.056,857 kg/jam selama 15 hari

Tipe : Tangki silinder horizontal

Dimensi tangki

Diameter : 10 m

Panjang : 50 m

Volume : 3.927 m³

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 302 grade C*

Harga : \$ 467.600

Jumlah : 2

3.2.24. Tangki (T-02)

Fungsi : Menyimpan bahan baku *Chlorine* sebanyak 3.007,366 kg/jam selama 15 hari

Tipe : Tangki silinder horizontal

Dimensi tangki

Diameter : 10 m

Panjang : 50 m

Volume : 3.927 m³

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 302 grade C*
Harga : \$ 467.600
Jumlah : 2

3.2.25. Tangki (T-03)

Fungsi : Menyimpan HCl cair dengan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm selama 15 hari
Tipe : Tangki silinder vertikal
Dimensi tangki
Diameter : 24,384 m
Tinggi : 9,14 m
Volume : 642,798 m³
Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*
Harga : \$ 206.250
Jumlah : 1

3.2.26. Tangki (T-04)

Fungsi : Menyimpan produk *allyl chloride* (C_3H_5Cl) cair dengan kemurnian 98% pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm selama 15 hari

Tipe : Tangki silinder vertikal

Dimensi tangki

Diameter : 27,432 m

Tinggi : 12,8016 m

Volume : 5.235,2 m³

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Harga : \$ 493.200

Jumlah : 1

3.2.27. Tangki (T-05)

Fungsi : Menyimpan *dichloropropane* (C₃H₆Cl₂)
cair sebagai hasil samping pada suhu
30 °C dan tekanan 1 atm selama 15 hari

Tipe : Tangki silinder horizontal

Dimensi tangki

Diameter : 21,336 m

Tinggi : 10,9728 m

Volume : 2.122,6 m³

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 302 grade C*

Harga : \$ 367.600

Jumlah : 1

3.2.28. Waste Heat Boiler (WHB-01)

Fungsi : Mendinginkan gas yang keluar dari reaktor (R-01) dengan media pendingin air dari suhu 492 °C - 300 °C

Tipe : *Shell and tube WHB*

Spesifikasi shell

ID shell : 10 inch

Baffle space : 10 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 62 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 32.000

Jumlah : 1

3.2.29. Waste Heat Boiler (WHB-02)

Fungsi : Mendinginkan gas yang keluar dari reaktor (R-01) dengan media pendingin air dari suhu 260 °C - 160 °C

Tipe : *Shell and tube WHB*

Spesifikasi shell

ID shell : 10 inch

Baffle space : 10 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 62 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 32.000

Jumlah : 1

3.2.30. Reboiler (RB-01)

Fungsi : Menguapkan sebagian cairan yang keluar dari dasar menara distilasi (MD-01) dan mengembalikan uap ke dalam menara distilasi (MD-01)

Tipe : *Kettle reboiler*

Spesifikasi shell

ID shell : 18 inch

Baffle space : 18 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 212 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 1 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 24.200

Jumlah : 1

3.2.31. Absorber (AB-01)

Fungsi : Menyerap HCl yang berasal dari separator (SP-03) dengan media penyerap air

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Bentuk : *Tower packing*

Jenis : *Berl saddles*

Nominal size : 38 mm (1,5 inch)

Metode : *Random packing*

Kondisi operasi

Tekanan : 3 atm

Suhu masuk : 30 °C

Suhu keluar : 32 °C

Tinggi menara : 18,47 m

Diameter menara : 0,965 m

Tebal dinding : 11/16 inch

Tebal head : 11/16 inch

Jumlah : 1

Harga : \$ 64.838

3.2.32. Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi : Memisahkan *allyl chloride* (C_3H_5Cl)
dengan *dichloropropane* ($C_3H_6Cl_2$) 3677
kg/jam

Tipe : *Sieve tray distillation*

Kondisi operasi

Umpan : $T = 84\text{ }^\circ\text{C}$; $P = 1,55\text{ atm}$

Hasil atas : $T = 45\text{ }^\circ\text{C}$; $P = 1,5\text{ atm}$

Hasil bawah : $T = 107\text{ }^\circ\text{C}$; $P = 1,6\text{ atm}$

Diameter menara :

Rectifying section : 1,33 m

Stripping section : 1,12 m

Tinggi menara : 25,45 m

Letak umpan masuk : *Plate ke-18*

Jumlah *plate*

Rectifying section : 28 *plate*

Stripping section : 20 *plate*

Harga : \$ 168.274

Jumlah : 1

3.2.33. Reaktor (R-01)

Fungsi : Tempat mereaksikan *propylene* (C_3H_6)
dan *chlorine* (Cl_2) menjadi *allyl chloride*
(C_3H_5Cl)

Tipe : *Single tube/mono tube*

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Kondisi : Eksotermis

Tekanan : 2 atm

Suhu masuk : 250 °C

Suhu keluar : 492 °C

Fase : Gas

Tebal dinding : ¼ inch

Tebal head : ¼ inch

Diameter reaktor : 1,5 m

Tinggi reaktor : 9,157 m

Tinggi bed : 0,24 m

Isolasi

Bahan isolasi : *Asbestos*

Tebal isolasi : 0,07 m

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1

Harga : \$ 50.700

3.3. Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan dan dianalisa untuk kelanjutan dan pengembangan pabrik berproduksi, yaitu kebutuhan bahan baku dan bahan pembantu, kebutuhan peralatan proses dan target produksi.

3.3.1. Material (Bahan Baku dan bahan pembantu)

Dengan pemakaian bahan baku yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan dicapai target produksi yang diinginkan, misalnya :

- Untuk bahan baku digunakan yaitu C_3H_6 yang tetap terjaga dengan kemurnian 95% dan Cl_2 dengan kemurnian 99%.
- Persiapan bahan baku dan cadangan harus lebih dari cukup untuk setiap hari pabrik beroperasi.
- Dalam setiap hari pabrik beroperasi dibutuhkan air dan cadangannya harus lebih dari cukup.

3.3.2. Peralatan Proses

Perhitungan dalam perencanaan dan pemilihan peralatan proses sesuai dengan spesifikasi mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan beroperasi dengan baik untuk

memproduksi 18.000 ton per tahun *allyl chloride* dengan kemurnian 98%, adapun peralatan proses yang dibutuhkan :

1. Alat untuk mengkompresi gas dan memompa cairan
2. Alat untuk merubah merubah fase dan suhu
3. Alat untuk merubah tekanan
4. Alat untuk memisahkan cairan dengan gas
5. Alat untuk mereaksikan bahan baku
6. Alat untuk penyerapan campuran
7. Alat untuk memurnikan produk
8. Alat untuk menyimpan bahan baku dan produk

3.3.3. Target Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan untuk mencapai target produksi, yaitu faktor *external* dan *internal*. Yang dimaksud faktor *external* adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang diproduksi dan faktor *internal* adalah kemampuan pabrik berproduksi, dibagi dua kemungkinan, yaitu :

1. Kemampuan pasar
 - Kemampuan pasar lebih besar dari 18.000 ton per tahun dibandingkan kemampuan pabrik memproduksi 18.000 ton

per tahun *allyl chloride*, maka rencana produksi dapat disusun secara optimal sampai maksimal kembali.

- Kemampuan pasar lebih kecil dari 18.000 ton per tahun dibandingkan kemampuan pabrik memproduksi 18.000 ton per tahun *allyl chloride*.

Ada tiga alternatif yang dapat diambil :

- Rencana produksi 18.000 ton per tahun *allyl chloride* sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi 18.000 ton per tahun *allyl chloride* diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan pertimbangan untung dan rugi.
 - Rencana produksi 18.000 ton per tahun *allyl chloride* tetap dengan pertimbangan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan pada bulan berikutnya.
 - Mencari daerah dan negara pemasaran *allyl chloride* yang lain untuk mempertahankan dan meningkatkan hasil produksi.
2. Kemampuan pabrik

Kemampuan pabrik sangat tergantung kepada perkembangan perekonomian dan pasar selain itu juga tergantung pada hal-hal dibawah ini :

- Tenaga kerja

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau *training* pada

karyawan yang akan meningkatkan keterampilan dan pengetahuan karyawan sehingga dapat diaplikasikan sesuai dengan bidang dan posisi karyawan ditempatkan dalam perusahaan, sehingga akan meningkatkan kinerja dan produksi pabrik.

- Umur pabrik beroperasi

Umur pabrik sangat berpengaruh pada kemampuan pabrik berproduksi, dengan perkiraan :

1. Tahun pertama ditargetkan sudah dapat beroperasi sampai 80% kapasitas produksi total.
2. Tahun kedua ditargetkan sudah dapat beroperasi sampai 100% kapasitas produksi total sampai tahun kedelapan.
3. Tahun kedelapan sampai tahun kesepuluh produksi agak menurun karena peralatan sudah agak tua maka pada tahun kedelapan sampai tahun kesepuluh sudah direncanakan untuk mengganti beberapa alat-alat atau mendirikan pabrik baru sebagai pengembangan.

3.4. Perancangan Produksi

Setting perancangan pendirian pabrik *allyl chloride* dari bahan baku *propylene* dan *chlorine* dengan kapasitas 18.000 ton/tahun meliputi : neraca massa dan neraca panas.

3.4.1. Neraca Massa

Setting neraca massa pendirian pabrik *allyl chloride* dari bahan baku *propylene* dan *chlorine* dengan kapasitas 18.000 ton/tahun meliputi :

Satuan : kg

Basis operasi : 1 jam

3.4.1.1. Neraca Massa Total

Neraca massa total dapat ditabulasikan pada tabel 3.1. berikut di bawah ini :

Tabel 3.1. Neraca massa total

Komponen	Arus (kg/jam)	
	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
HCl	15,037	1.101,089
C ₃ H ₆	7.090,555	5.318,271
C ₃ H ₈	373,187	373,187
Cl ₂	2.992,329	0,599
C ₃ H ₅ Cl	-	2.277,109
C ₃ H ₆ Cl ₂	-	1.400,855
Total	10.471,110	10.471,110

3.4.1.2. Neraca Massa Reaktor (R-01)

Neraca massa reaktor (R-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.2. berikut di bawah ini :

Tabel 3.2. Neraca massa reaktor (R-01)

Komponen	Arus (kg/jam)	
	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
HCl	15,037	1.101,089
C ₃ H ₆	7.090,555	5.318,271
C ₃ H ₈	373,187	373,187
Cl ₂	2.992,329	0,599
C ₃ H ₅ Cl	-	2.277,109
C ₃ H ₆ Cl ₂	-	1.400,855
Total	10.471,110	10.471,110

3.4.1.3. Neraca Massa Separator (SP-03)

Neraca massa separator (SP-03) dapat ditabulasikan pada tabel 3.3. berikut di bawah ini :

Tabel 3.3. Neraca massa separator (SP-03)

Komponen	Arus (kg/jam)		
	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Gas	Cair
HCl	1.101,089	1.101,089	-
C ₃ H ₆	5.318,271	5.318,271	-
C ₃ H ₈	373,187	373,187	-
Cl ₂	0,599	0,599	-
C ₃ H ₅ Cl	2.277,109	-	2.277,109
C ₃ H ₆ Cl ₂	1.400,855	-	1.400,855

Lanjutan Tabel 3.3.

Total	10.471,110	6.793,146	3.677,964
		10.471,110	

3.4.1.4. Neraca Massa Absorber (AB-01)

Neraca massa absorber (AB-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.4. berikut di bawah ini :

Tabel 3.4. Neraca massa absorber (AB-01)

Komponen	Arus (kg/jam)		
	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Gas	Cair
HCl	1.101,089	-	1.101,089
C ₃ H ₆	5.318,271	5.318,271	-
C ₃ H ₈	373,187	373,187	-
Cl ₂	0,599	-	0,599
C ₃ H ₅ Cl	-	-	-
C ₃ H ₆ Cl ₂	-	-	-
H ₂ O	2.339,597	-	2.339,597
Total	9.132,743	5.691,458	3.441,285
		9.132,743	

3.4.1.5. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Neraca massa menara distilasi (MD-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.5. berikut di bawah ini :

Tabel 3.5. Neraca massa menara distilasi (MD-01)

Komponen	Arus (kg/jam)		
	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Gas	Cair
HCl	-	-	-
C ₃ H ₆	-	-	-
C ₃ H ₈	-	-	-
Cl ₂	-	-	-
C ₃ H ₅ Cl	2.277,109	2.265,723	11,390
C ₃ H ₆ Cl ₂	1.400,855	7,004	1.393,850
Total	3.677,964	2.277,109	1.405,240
		3.677,964	

3.4.2. Neraca Panas

Satuan : kJ

Basis operasi : 1 jam

3.4.2.1. Neraca Panas *Heat Exchanger* (HE-01)

Neraca panas *heat exchanger* (HE-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.6. berikut di bawah ini :

Tabel 3.6. Neraca panas *heat exchanger* (HE-01)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
C ₃ H ₆	19.783.216,25	113.433.870,9

Lanjutan Tabel 3.6.

C ₃ H ₈	1.229.273,687	7.048.463,249
Steam	31.134.1174,3	211.871.330,1
Total	332.353.664,2	332.353.664,2

3.4.2.2. Neraca Panas *Heat Exchanger* (HE-02)

Neraca panas *heat exchanger* (HE-02) dapat ditabulasikan pada tabel 3.7. berikut di bawah ini :

Tabel 3.7. Neraca panas *heat exchanger* (HE-02)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
C ₃ H ₆	669.82.905	91.265.714,03
C ₃ H ₈	2.801.350,675	3.816.903,277
Steam	546.206,917	-24.752.154,71
Total	703.30.462,6	70.330.462,6

3.4.2.3. Neraca Panas *Heat Exchanger* (HE-03)

Neraca panas *heat exchanger* (HE-03) dapat ditabulasikan pada tabel 3.8. berikut di bawah ini :

Tabel 3.8. Neraca panas *heat exchanger* (HE-03)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar

Lanjutan Tabel 3.8.

HCl	13.225,70134	28.655,68624
Cl ₂	3.140.040,632	6.803.421,369
Steam	62.450,0825	-3.616.360,639
Total	3.215.716,416	3.215.716,416

3.4.2.4. Neraca Panas *Heat Exchanger* (HE-04)

Neraca panas *heat exchanger* (HE-04) dapat ditabulasikan pada tabel 3.9. berikut di bawah ini :

Tabel 3.9. Neraca panas *heat exchanger* (HE-04)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
HCl	29.383,22058	112.092,7324
Cl ₂	6.977.193,184	26.616.981,82
Steam	273.103,4585	-19.449.394,69
Total	7.279.679,863	7.279.679,863

3.4.2.5. Neraca Panas *Cooler* (CL-01)

Neraca panas *Cooler* (CL-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.10. berikut di bawah ini :

Tabel 3.10. Neraca panas *Cooler* (CL-01)

Senyawa	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
HCl	4.187.002,024	2.695.453,41
C ₃ H ₆	55.095.976,82	35.468.967,47
C ₃ H ₈	4.534.112,088	2.918.911,388
Cl ₂	2.705,556165	1.741,747567
C ₃ H ₅ Cl	27.611.775,64	17.775.547,85
C ₃ H ₆ Cl ₂	22.862.747,61	14.718.280,68
NH ₃	-48.377.664,95	40.715.417,2
Total	114.294.319,7	114.294.319,7

3.4.2.6. Neraca Panas *Cooler* (CL-02)

Neraca panas *Cooler* (CL-02) dapat ditabulasikan pada tabel 3.11. berikut di bawah ini :

Tabel 3.11. Neraca panas *Cooler* (CL-02)

Senyawa	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
C ₃ H ₅ Cl	8.216.378,273	5.822.830,862
C ₃ H ₅ Cl ₂	34.129,276	24.186,934
H ₂ O	1.815,425	2.405.305,178
Total	8.252.322,974	8.252.322,974

3.4.2.7. Neraca Panas Cooler (CL-03)

Neraca panas Cooler (CL-03) dapat ditabulasikan pada tabel 3.12. berikut di bawah ini :

Tabel 3.12. Neraca panas Cooler (CL-03)

Senyawa	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
C ₃ H ₅ Cl	242.248,0879	72.244,72826
C ₃ H ₆ Cl ₂	39.841.210,67	11.881.693,12
H ₂ O	30.212,48092	28.159.733,39
Total	40.113.671,24	40.113.671,24

3.4.2.8. Neraca Panas Waste Heat Boiler (WHB-01)

Neraca panas waste heat boiler (WHB-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.13. berikut di bawah ini :

Tabel 3.13. Neraca panas waste heat boiler (WHB-01)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
HCl	5.305.394,947	3.234.996,919
C ₃ H ₆	76.046.835,73	46.370.021,78
C ₃ H ₈	6.300.029,913	3.841.481,654
Cl ₂	17.286,5428	2.104,601451
C ₃ H ₅ Cl	37.690.335,66	22.981.911,99
C ₃ H ₆ Cl ₂	31.273.821,5	19.069.403,35

Lanjutan Tabel 3.13.

H ₂ O	71.725,85368	61.205.509,84
Total	156.705.430,1	156.705.430,1

3.4.2.9. Neraca Panas Waste Heat Boiler (WHB-02)

Neraca panas waste heat boiler (WHB-02) dapat ditabulasikan pada tabel 3.14. berikut di bawah ini :

Tabel 3.14. Neraca panas waste heat boiler (WHB-02)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
HCl	2.803.663,996	1.725.331,69
C ₃ H ₆	40.187.352,21	24.730,678,28
C ₃ H ₈	3.329.284,1	2.048.790,215
Cl ₂	1.823,987924	1.122,454107
C ₃ H ₅ Cl	19.917.657,05	12.257.019,73
C ₃ H ₆ Cl ₂	16.526.816,24	10.170.348,46
H ₂ O	29.529,47905	31.862.836,25
Total	82.796.127,07	82.796.127,07

3.4.2.10. Neraca Panas Condensor (CD-01)

Neraca panas condensor (CD-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.15. berikut di bawah ini :

Tabel 3.15. Neraca panas *condensor* (CD-01)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
HCL	3.215.939,632	2.695.453,414
C ₃ H ₆	42.317.948,35	35.468.967,53
C ₃ H ₈	3.482.546,862	2.918.911,393
Cl ₂	2.078,075254	1.741,74757
C ₃ H ₅ Cl	21.207.967,68	17.775.547,87
C ₃ H ₆ Cl ₂	17.560.348,83	14.718.280,7
NH ₃	-287.706,0981	13.920.220,67
Total	87.499.123,33	87.499.123,33

3.4.2.11. Neraca Panas *Condensor* (CD-02)

Neraca panas *condensor* (CD-02) dapat ditabulasikan pada tabel 3.16. berikut di bawah ini :

Tabel 3.16. Neraca panas *condensor* (CD-02)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
C ₃ H ₅ Cl	8.344.916,627	8.163.505,396
C ₃ H ₆ Cl ₂	34.693,40883	33.939,20429
H ₂ O	2.284.610,538	2.466.775,973
Total	10.664.220,57	10.664.220,57

3.4.2.12. Neraca Panas Reboiler (RB-01)

Neraca panas *reboiler* (RB-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.17. berikut di bawah ini :

Tabel 3.17. Neraca panas *reboiler* (RB-01)

Senyawa	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
C ₃ H ₅ Cl	141.493,8251	160.647,7524
C ₃ H ₆ Cl ₂	134.527,7115	24.518.017,71
Steam	823.471.574,463	799.068.930,5
Total	823.747.596	823.747.596