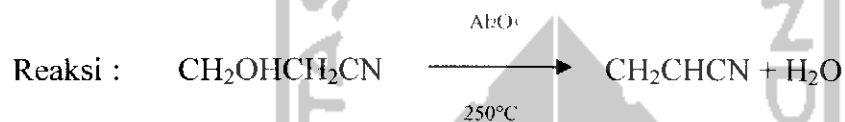


BAB III

PERANCANGAN PROSES

III. 1. Uraian Proses

Acrylonitrile secara komersial dibuat dengan *Dehidrasi* fasa uap *Ethylene Cyanohydrine*.



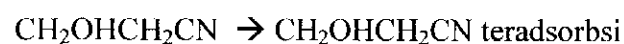
Ethylene Cyanohydrine diuapkan dan direaksikan diatas katalis Al_2O_3 pada tekanan atmosfer dan temperature 250°C pada suhu tersebut kondisi reaktan adalah fasa gas, maka digunakan reaktor fixed bed multitube.

Dengan demikian diperlukan adanya tambahan panas dari luar untuk mempertahankan suhu di dalam reaktor. Dalam hal ini digunakan steam sebagai pemanas. Panas penguapan yang dihasilkan dari reaksi tersebut relatif besar maka dipilih reaktor jenis *Fixed Bed Multitube* untuk dapat mensuplai panas yang relatif besar. Pada reaksi ini digunakan bahan baku *Ethylene Cyanohydrine* dengan kadar min 98% yang diproduksi dari pabrik-pabrik yang terdapat di Indonesia.

2. Mekanisme Reaksi

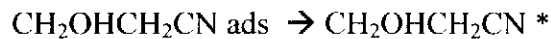
Mekanisme reaksi dapat diterangkan dengan persamaan sebagai berikut :

1. Penyerapan fluida oleh padatan



Pada tahap ini dibutuhkan tekanan yang tinggi dan temperatur yang rendah

2. Aktivitas zat teradsorpsi



Pada tahap ini diperlukan suhu yang tinggi

3. reaksi pada katalis



Pada tahap ini diperlukan temperatur yang tinggi

4. Desorpsi dari zat hasil



Pada tahap ini diperlukan temperatur yang tinggi dan tekanan yang rendah.

3. Kondisi Operasi

Acrylonitrile secara komersial dibuat dengan *Dehidrasi* fasa uap *Ethylene Cyanohydrine*. *Ethylene Cyanohydrine* diuapkan dan direaksikan diatas katalis Al_2O_3 pada tekanan atmosfer dan temperature 250°C . Pada suhu tersebut kondisi reaktan adalah fasa gas maka digunakan reaktor jenis fixed bed.

4. Tinjauan Kinetika

Ditinjau dari kinetika reaksinya, kecepatan reaksi *Dehidrasi* akan bertambah dengan naiknya suhu. Hal ini ditunjukkan oleh persamaan Arrhenius :

$$K = A \exp(-E/RT)$$

Kecepatan reaksi tidak hanya dipengaruhi oleh suhu, besarnya energi aktivasi juga berpengaruh . adanya katalis dapat menurunkan energi aktivasi yang dibutuhkan dalam reaksi. Dengan turunnya energi aktivasi, maka dapat

menaikkan kecepatan reaksi. Katalis yang digunakan adalah Al_2O_3 yang mempunyai range 250-350°C.

Persamaan kecepatan reaksi (-rA)

Proses *Dehidrasi* Ethylene Cyanohydrine menjadi Acrylonitrile dengan katalisator Alumina mengikuti persamaan sebagai berikut:

$$(-rA) = \frac{K_1 x P_{\text{EthyleneCyanohydrine}}^2}{1 + K_2 x P_{\text{EthyleneCyanohydrine}} + K_3 x P_{\text{Acrylonitrile}} + K_4 x P_{\text{H}_2\text{O}}} \quad \text{Kmol / Jam.KgKatalis}$$

Dimana:

$$K_1 = 5.81 \cdot \exp \left[\frac{-23090 \text{ Kpa} \cdot \text{m}^3 / \text{Kmol}}{RT} \right] = 5.81 \cdot \exp \left[\frac{-5518.5 \text{ Kal / mol}}{RT} \right]$$

$$K_2 = 1.218 \times 10^{-6} \cdot \exp \left[\frac{41060 \text{ Kpa} \cdot \text{m}^3 / \text{Kmol}}{RT} \right] = 1.218 \times 10^{-6} \cdot \exp \left[\frac{9813.3 \text{ Kal / mol}}{RT} \right]$$

$$K_3 = 5.295 \times 10^{-6} \cdot \exp \left[\frac{33010 \text{ Kpa} \cdot \text{m}^3 / \text{Kmol}}{RT} \right] = 5.295 \times 10^{-6} \cdot \exp \left[\frac{7889.4 \text{ Kal / mol}}{RT} \right]$$

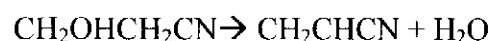
$$P_{\text{EthyleneCyanohydrine}} = \frac{\text{MolEthyleneCyanohydrine}}{\Sigma \text{Mol}} x Pt$$

$$P_{\text{Acrylonitrile}} = \frac{\text{MolAcrylonitrile}}{\Sigma \text{Mol}} x Pt$$

$$P_{\text{Air}} = \frac{\text{MolAir}}{\Sigma \text{Mol}} x Pt$$

III. 3. 2. Tinjauan Thermodinamika

Reaksi yang terjadi :



$$\begin{aligned}\Delta H_{298} &= \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan} \\ &= (-13,52) - (-14,09) \\ &= 0,57 \text{ kkal/gmole}\end{aligned}$$

Ternyata ΔH menunjukkan harga positif, maka reaksinya endothermis.

Dari persamaan Van Hoff

$$\frac{d \ln K}{dt} = \frac{-\Delta H}{RT^2}$$

Dimana, K = Konstanta

T = Temperatur

ΔH = Panas reaksi

Dari persamaan diatas terlihat bahwa semakin tinggi suhu maka konversi yang diperoleh semakin besar. Panas reaksi yang dibutuhkan relatif besar, dengan demikian dibutuhkan adanya tambahan panas dari luar untuk mempertahankan temperatur didalam reaktor. Dalam hal ini digunakan steam sebagai pemanas.

III. 4. Langkah Proses

Proses dehidrasi *Ethylene Cyanohydrine* menjadi *Acrylonitrile* terdiri atas tiga tahap, yaitu:

- 1) Tahap Pemurnian Umpan
- 2) Seksi Dehidrasi
- 3) Seksi Pemurnian Hasil

1) Tahap Pemurnian Umpan

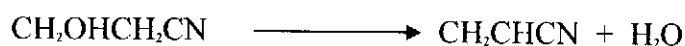
Pada tahap ini, *Ethylene Cyanohydrine* sebagai bahan baku tersedia dalam bentuk cair dan mempunyai kemurnian 98,5% dengan H₂O sebagai impurities.

Umpan segar *Ethylene Cyanohydrine* dari Tangki Penyimpanan (T-01) dipompa dengan Pompa (P-02) menuju ke Vaporizer (VP-01). Sebelum masuk vaporizer, umpan segar dicampur dengan *Ethylene Cyanohydrine* recycle yang berasal dari Separator (SP-01).

Didalam Vaporizer (V-01), *Ethylene Cyanohydrine* dipanaskan dan diuapkan setelah itu campuran uap dan cairan hasil dari Vaporizer (VP-01) masuk ke Separator direcycle ke Vaporizer (VP-01) dan uap dari Separator masuk dipanaskan kembali oleh Heat Exchanger (HE-01) sampai suhu didih cairnya 250°C dengan menggunakan steam kedalam Reaktor (R-01).

2) Tahap Dehidrasi

Ethylene Cyanohydrine dalam fase uap pada suhu 250°C dialirkan ke Reaktor (R-01) dimana *Ethylene Cyanohydrine* akan mengalami reaksi dehidrasi menjadi Acrylonitrile dan air melalui persamaan reaksi:



Hasil reaksi yang berupa *Acrylonitrile*, air dan impurities lain kemudian dimasukkan kedalam Cooler/Condensor (CL/CD-01) untuk didinginkan suhunya dan merubah fasenya dari gas menjadi cair jenuh sebelum dimasukkan kedalam Menara Distilasi (MD-01).

3) Tahap Pemurnian Hasil

Produk *Acrylonitrile* yang sudah didinginkan dan dirubah fasenya dalam Cooler/Condensor (CL/CD-01) dimasukan kedalam Menara Distilasi (MD-01) untuk dipisahkan berdasarkan titik didihnya sehingga diperoleh produk yang diinginkan. Hasil atas Menara Distilasi (MD-01) kemudian diembunkan dalam Condenser (CD-02) lalu ditampung sementara dalam Accumulator (AC-01), produk dipompa dengan Pompa (P-04) sebagian dimasukan ke puncak menara sebagai recycle dan sebagian dimasukan ke Cooler (CL-02).

Produk *Acrylonitrile* yang masuk Cooler (CL-02), kemudian didinginkan dengan air pendingin sampai suhu ruangan. Dari pendingin (CL-02) produk yang sudah mempunyai kemurnian 99% disimpan dalam tangki penyimpanan produk (T-02) dan siap untuk dipasarkan.

Hasil bawah Menara Distilasi (MD-01) dimasukan kedalam Reboiler (RB-01), uap yang keluar dari reboiler direcycle ke Menara Distilasi (MD-01) sedangkan cairannya dipompa dengan Pompa (P-06) sebagai umpan Menara Stripper (ST-01). Hasil atas Stripper (ST-01) kemudian diembunkan dalam Condenser (CD-03) sebelum dibuang sebagai limbah cair.

Hasil bawah Stripper (ST-01) berupa cairan dipompa dengan pompa (P-08) untuk dicampur dengan umpan segar *Ethylene Cyanohydrine* dari (TP-01) untuk dipanaskan dalam Vaporizer (VP-01).

3.2. Neraca Massa Alat

Setting neraca massa alat terdiri atas neraca massa, Reaktor, MD-01, ST-01, Mixer, Vaporizer, separator sebagaimana disajikan pada tabel 3.2.1. hingga tabel 3.2.6. Waktu setting operasi ditargetkan 1 tahun = 330 hari, 1 hari = 24 jam. Basis perhitungan : 1 jam operasi.

Table 3.2.1. Neraca Massa Reaktor (R-01)

| Komponen | Masuk | | Keluar | |
|----------|-------------|------------|-------------|------------|
| | kgmol/jam | kg/jam | kgmol/jam | kg/jam |
| C3H3N | 0 | 0.0000 | 142.7771876 | 7575.7576 |
| H2O | 2.185365116 | 157.7013 | 151.5286 | 2730.5454 |
| C3H5ON | 145.6910078 | 10355.7168 | 2.913820156 | 207.1143 |
| Total | 147.8764 | 10513.4181 | 297.2196 | 10513.4173 |

Table 3.2.2. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

| Komponen | Masuk | Keluar | |
|----------|-------------|------------|-----------|
| | | Atas | Bawah |
| | kg/jam | kg/jam | kg/jam |
| C3H3N | 7575.7576 | 6818.1818 | 757.5758 |
| H2O | 2730.545372 | 68.8705 | 2661.6748 |
| C3H5ON | 207.1143 | 0.0000 | 207.1143 |
| Total | 10513.4173 | 6887.0523 | 3626.3649 |
| | | 10513.4173 | |

Table 3.2.3 Neraca Massa Stripper (ST-01)

| Komponen | Masuk | Keluar | |
|----------|-----------|-------------|----------|
| | | Atas | Bawah |
| | kg/jam | kg/jam | kg/jam |
| C3H3N | 757.5758 | 757.5758 | 0.0000 |
| H2O | 2661.6748 | 2658.568134 | 3.1067 |
| C3H5ON | 207.1143 | 10.3557 | 196.7586 |
| Total | 3626.3649 | 3426.4996 | 199.8653 |
| | | 3626.3649 | |

Table 3.2.4. Neraca Massa Mixer

| Komponen | Masuk | | Keluar |
|----------|---------------|------------|------------|
| | Recycle ST-01 | Fresh Feed | |
| | kg/jam | kg/jam | kg/jam |
| C3H3N | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| H2O | 3.1067 | 154.5946 | 157.7013 |
| C3H5ON | 196.7586 | 10158.9582 | 10355.7168 |
| Total | 199.8653 | 10313.5528 | |
| | 10513.4181 | | 10513.4181 |

Table 3.2.5. Neraca Massa Vaporizer (Vp-01)

| Komponen | Masuk | | Keluar |
|----------|------------|---------------|------------|
| | Umpan | Recycle SP-01 | |
| | kg/jam | kg/jam | kg/jam |
| C3H3N | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| H2O | 157.7013 | 25.2322 | 182.9335 |
| C3H5ON | 10355.7168 | 1656.9147 | 12012.6315 |
| Total | 10513.4181 | 1682.1469 | |
| | 12195.5650 | | 12195.5650 |

Table 3.2.6. Neraca Massa Separator (SP-01)

| Komponen | Masuk | Keluar | |
|----------|------------|-----------|------------|
| | dari VP-01 | ke SP-01 | ke R-01 |
| | kg/jam | kg/jam | kg/jam |
| C3H3N | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| H2O | 182.9335 | 25.2322 | 157.7013 |
| C3H5ON | 12012.6315 | 1656.9147 | 10355.7168 |
| Total | 12195.5650 | 1682.1469 | 10513.4181 |
| | 10513.4181 | | |

Table 3.2.7. Neraca Massa Total

| Komponen | Masuk kg/jam | Keluar | |
|----------|-----------------|-----------|------------|
| | | Produk | Limbah |
| | | kg/jam | kg/jam |
| C3H3N | 0.0000 | 6818.1818 | 757.5758 |
| H2O | 154.5946 | 68.8705 | 2658.5681 |
| C3H5ON | 10158.9582 | 0.0000 | 10.3557 |
| Total | | 6887.0523 | 3426.4996 |
| | 10313.5528 | | 10313.5519 |

3.3 Neraca Panas Alat

Setting neraca panas untuk tiap alat disajikan pada tabel 3.3.1 hingga tabel 3.3.5 Waktu setting operasi ditargetkan 1 tahun = 330 hari, 1 hari = 24 jam. Basis perhitungan : 1 jam operasi dengan suhu referensi : 298 K (25 °C Air).

Tabel 3.3.1. Neraca Panas Mixer

| Komponen | Masuk kkal/jam | Keluar kkal/jam |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| Enthalpi Fresf Feed | 20,892.0947 | 0 |
| Enthalpi Recycle | 3,865.9511 | 0 |
| Enthalpi Hasil | 0 | 24,758.0458 |
| Total | 24,758.0458 | 24,758.0458 |

Table 3.3.2. Neraca Panas di Sekitar Separator dan Vaporizer

| Komponen | Masuk kkal/jam | Keluar kkal/jam |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Enthalpi Umpan | 27,335.8358 | 0 |
| Enthalpi Keluar | 0.0000 | 96255.6070 |
| Beban Panas (Qs+Qv) | 7,029,023.9709 | 0.0000 |
| | 0 | 6,960,104.1997 |
| Total | 7,056,359.8066 | 7,056,359.8066 |

Table 3.3.3. Neraca Panas di sekitar Reaktor

| Komponen | Masuk kkal/jam | Keluar kkal/jam |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Enthalpi Umpan | 639,228.0919 | 0 |
| Enthalpi Reaksi | 993,710.2025 | 0 |
| Enthalpi Keluar | 0.0000 | 1632855.2505 |
| Beban Panas | 0.0000 | 0.0000 |
| Total | 1,632,938.2944 | 1,632,855.2505 |

Table 3.3.4. Neraca Panas di Sekitar Menara Distilasi – 01

| Komponen | Masuk kkal/jam | Keluar kkal/jam |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Enthalpi Umpan | 284,985.5668 | 0 |
| Enthalpi Keluar | 0.0000 | 1089449.7233 |
| Beban Panas (Qc) | 0.0000 | 1,408,092.1156 |
| Beban Panas (Qr) | 2,212,556.2722 | 0.0000 |
| Total | 2,497,541.8390 | 2,497,541.8390 |

Table 3.3.5 Neraca Panas di Sekitar Menara Stripper – 01

| Komponen | Masuk kkal/jam | Keluar kkal/jam |
|---------------------|------------------------|------------------------|
| Enthalpi Umpan | 856,687.1299 | 0 |
| Enthalpi Keluar | 0.0000 | 11834874.0224 |
| Beban Steam (Qs) | 10,978,186.8925 | 0.0000 |
| Total | 11,834,874.0224 | 11,834,874.0224 |

Table 3.3.6 Neraca Panas Total

| Komponen | Masuk kkal/jam | Keluar kkal/jam |
|---------------------|------------------------|------------------------|
| Enthalpi Umpan | 856,687.1299 | 0 |
| Enthalpi Keluar | 0.0000 | 11834874.0224 |
| Beban Steam (Qs) | 10,978,186.8925 | 0.0000 |
| Total | 11,834,874.0224 | 11,834,874.0224 |

3.4. Spesifikasi Alat

3.4.1. Reaktor (R)

- Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi Dehidrogenasi
Ethylene Cyanohidrine menjadi Acrylonitrile
- Jenis : Fixed Bed Multitube
- Kondisi Operasi : Non-adiabatis , Non-isothermal

| | |
|----------------------|-----------------------------------|
| Fase | : Gas |
| Bentuk | : silinder Tegak |
| Suhu Masuk | : 250°C |
| Suhu Keluar | : 239.65 °C |
| Tekanan Masuk | : 2 atm |
| Tekanan Keluar | : 1.1 atm |
| Tinggi Bed Katalis | : 6.50 m |
| Jenis Katalis | : Al ₂ O ₃ |
| Umur Katalis | : 7 Tahun |
| Diameter Katalis | : 0.0047625 m |
| Konveri EC | : 0.98 |
| Tinggi reaktor | : 6.8325 m |
| Diameter shell | : 27.50 m |
| Tebaal dinding shell | : 3/16 in |
| Tebal dinding head | : 3/16 in |
| Bahan Konstruksi | : Satailess steel SA.167 type 316 |
| Diameter gas umpan | : 254.9613 mm |
| Diameter gas keluar | : 369.9131 mm |
| Diameter pemanas | : 421.6844 mm |
| Tobal Isolasi | : 0.2337 m |
| Jumlah buffle | : 0 buah |
| Jmlah Reaktor | : 1 buah |

3.4.2. Menara Distilasi (MD-01)

| | |
|----------------------------|---|
| Fungsi | : memisahkan Acrylonitrile dari kompone laain agar memenuhi spesifikasi produk yang di inginkan |
| jenis | : <i>plate tower, dengan sieve tray</i> |
| jumlah plate | : 51 plate |
| effesiensi plate | : 90% |
| <i>tray spacing</i> | : 0,4 m |
| tinggi menara | : 21.8750 m |
| diameter menara | |
| <i>enriching</i> | : 3.5530 m |
| <i>stripping</i> | : 2.9680 m |
| tebal shell | |
| <i>enriching</i> | : 3.5657m |
| <i>stripping</i> | : 2.9807m |
| jenis head | : Torispherical dished head |
| tebal head | : 0.0068 |
| pipa umpan | : 1.442 in |
| pipa atas menuju kondensor | : 19.124 in |
| pipa refluks distilat | : 1.875 in |
| pipa pengeluaran bottom | : 1.442 in |
| pipa refluks bottom | : 1.442 in |

3.4.4 Stripper (ST-01)

Fungsi : memisahkan Acrylonitrile dari Ethylene

Cyanohidrine dan Air

| | |
|---------------------|-----------------------------|
| Jenis | : Plate Column |
| Jumlah Plate | : 11 buah |
| Effisiensi Plate | : 79.3702 % |
| <i>Tray spacing</i> | : 0.45 |
| Tinggi menara | : 5.7683 m |
| Diameter menara | : 1.3903 m |
| Tebal shell | : 0.0044 m |
| Jenis head | : Torispherical dished head |
| Tebal head | : 0.0078 m |

3.4.5 Tanki Penyimpan - 01

| | |
|---------------------|--|
| Fungsi | : menyimpan bahan baku Ethylene Cyanohydrine |
| Type | : silindet tegak dan beratap kerucut |
| Kondisi operasi | : |
| Suhu | : 30°C |
| Tekanan | : 1 atm |
| Bahan | : <i>carbon stell SA-283C</i> |
| Jumlah | : 4 buah |
| <i>Ukuran shell</i> | |
| Volume tiap tanki | : 1002 m ³ |
| Diameter | : 15.038505 m |
| Tinggi | : 5.6394392 m |
| Tebal | : 0.004826 |
| <i>Ukuran Head</i> | |
| Bentuk | : kerucut |
| Tebal | : 0.0203889 m |

3.4.6 Tanki Penyimpan - 02

| | |
|---------------------|------------------------------------|
| Fungsi | : menyimpan produk Acrylonitrile |
| Type | : silinder tegak berbentuk kerucut |
| Kondisi operasi | : |
| Suhu | : 30°C |
| Tekanan | : 1 atm |
| Bahan | : <i>carbon stell SA-283C</i> |
| Jumlah | : 4 buah |
| <i>Ukuran shell</i> | |
| Volume tiap tanki | : 854 m ³ |
| Diameter | : 14.258031 m |
| Tinggi | : 5.3467617 m |
| Tebal | : 0.004826 m |
| <i>Ukuran Head</i> | |
| Bentuk | : kerucut |
| Tebal | : 0.0203889 m |

3.4.7 Vaporizer

| | |
|---------------------|---|
| Fungsi | : menguapkan umpan C ₃ H ₅ OH sebagai umpan Reaktor |
| Type | : <i>shell and tube condenser</i> |
| Jumlah | : 1 buah |
| Bahan | : <i>plate SA.283 C</i> |
| <i>Ukuran Shell</i> | |
| IDs | : 29 in |
| Buffle spacing | : 21.8 in |
| Passes | : 2 buah |
| Pressure Drop | : 0.0044 psia |
| <i>ukuran Tube</i> | |
| ODt | : 0.75 in |

| | |
|--------------------|--|
| IDt | : 0.62 in |
| BWG | : 16 |
| Susunan | : <i>triangular pitch</i> |
| Jumlah Tube | : 604 buah |
| Passea | : 2 buah |
| Flow Area | : 0.30 in ² |
| Panjang Tube | : 16 in |
| Surface per in fit | : 0.20 ft ² |
| Pressure Drop | : 0.0280 psia |
| Uc | : 231.0081 Btu/jam.ft ² .°F |
| Ud | : 150.00 Btu/hr.ft ² .°F |
| Rd | : 0.0018 ja.m.ft ² .°F/Btu |

3.4.8 Sparator (SP-01)

| | |
|-------------|---|
| Fungsi | : Memisahkan cairan dan uap yang keluar Vp 01 sebelum masuk Reaktor |
| Type | : <i>Silinder Vertical</i> |
| Kondisi | : |
| Tekanan | : 2 atm |
| Suhu | : 69.68 °C |
| Bahan | : <i>Plate Stell SA.283 C</i> |
| Volume | : 0. 1034484 m ³ |
| Diameter | : 0.9144 m |
| Tinggi | : 2,4518867 m |
| Tebal Shell | : 0.0046389 m |
| Tebal Head | : 0.0044246 m |

3.4.9 Heat Exchanger (HE-01)

| | |
|--------|---|
| Fungsi | : Memanaskan Umpan sebelum masuk ke Reaktor |
| Type | : <i>Shell and Tube Condensor</i> |
| Jumlah | : 1 buah |
| Bahan | : <i>Plate Stell SA.283 C</i> |

Ukuran Shell

| | |
|----------------|---------------|
| IDs | : 19.25 in |
| Baffle Spacing | : 14.4375 in |
| Passes | : 1 buah |
| Pressure Drop | : 0.0044 psia |

Ukuran Tube

| | |
|--------------------|---|
| IDt | : 0.37 in |
| BWG | : 16 |
| Susunan | : <i>Tryngular Pitch</i> |
| Jumlah Tube | : 262 buah |
| Passea | : 1 buah |
| Flow Area | : 0.11 ft ² |
| Panjang Tube | : 8 m |
| Surface per in fit | : 0.13 ft ² |
| Pressure Drop | : 0.0124 psia |
| Uc | : 151.1798 Btu/jam.ft ² .°F |
| Ud | : 100.00 Btu/hr.ft ² .°F |
| Rd | : 0.003385 ja.m.ft ² .°F/Btu |

3.4.10 Cooler/Condensor (CL/CD 01)

| | |
|--------|--|
| Fungsi | : Mendinginkan dan merubah fase hasil dari Reaktor |
| Type | : <i>Shell and Tube Condenser</i> |
| jumlah | : 1 buah |
| bahan | : <i>Plate Stell SA.283 C</i> |

Ukuran Shell

| | |
|--------------------|---|
| IDs | : 12 in |
| Baffle Spacing | : 9 in |
| Passes | : 2 buah |
| Pressure Drop | : 0.01 psia |
| <i>Ukuran Tube</i> | |
| Odt | : 0.75 in |
| IDt | : 0.62 in |
| BWG | : 16 |
| Susunan | : <i>Triangular Pitch</i> |
| Jumlah Tube | : 92 buah |
| Passea | : 2 buah |
| Flow Area | : 0.30 ft ² |
| Panjang Tube | : 10 in |
| Surface per in fit | : 0.20 ft ² |
| Pressure Drop | : 47.4059 psia |
| Uc | : 159.7328 Btu/jam.ft ² .°F |
| Ud | : 150.00 Btu/hr.ft ² .°F |
| Rd | : 0.000406 ja.m.ft ² .°F/Btu |

3.4.11 Cooler (CL 02)

| | |
|--------|-----------------------------------|
| Fungsi | : Mendinginkan Hasil Atas MD 01 |
| Type | : <i>Shell and Tube Condenser</i> |
| jumlah | : 1 buah |
| bahan | : <i>Plate Stell SA.283 C</i> |

Ukuran Shell

| | |
|----------------|-------------|
| IDs | : 12 in |
| Baffle Spacing | : 9 in |
| Passes | : 2 buah |
| Pressure Drop | : 0.01 psia |

Ukuran Tube

| | |
|--------------------|---|
| Odt | : 0.75 in |
| IDt | : 0.62 in |
| BWG | : 16 |
| Susunan | : <i>Triangular Pitch</i> |
| Jumlah Tube | : 92 buah |
| Passea | : 2 buah |
| Flow Area | : 0.30 ft ² |
| Panjang Tube | : 10 in |
| Surface per in fit | : 0.20 ft ² |
| Pressure Drop | : 0.0439 psia |
| Uc | : 159.7328 Btu/jam.ft ² .°F |
| Ud | : 150.00 Btu/hr.ft ² .°F |
| Rd | : 0.000406 ja.m.ft ² .°F/Btu |

3.4.12 Condensor (CD 02)

| | |
|---------------------|-----------------------------------|
| Fungsi | : Mengembunkan Hasil Atas MD 01 |
| Type | : <i>Shell and Tube Condenser</i> |
| jumlah | : 1 buah |
| bahan | : <i>Plate Stell SA.283 C</i> |
| <i>Ukuran Shell</i> | |
| IDs | : 17.025 in |
| Baffle Spacing | : 12.76875 in |
| Passes | : 2 buah |
| Pressure Drop | : 0.02 psia |
| <i>Ukuran Tube</i> | |
| Odt | : 0.75 in |
| IDt | : 0.62 in |
| BWG | : 16 |
| Susunan | : <i>Triangular Pitch</i> |

| | |
|--------------------|---|
| Jumlah Tube | : 196 buah |
| Passea | : 2 buah |
| Flow Area | : 0.30 ft ² |
| Panjang Tube | : 16 in |
| Surface per in fit | : 0.20 ft ² |
| Pressure Drop | : 0.0310 psia |
| Uc | : 159.7328 Btu/jam.ft ² .°F |
| Ud | : 150.00 Btu/hr.ft ² .°F |
| Rd | : 0.000406 ja.m.ft ² .°F/Btu |

3.4.13 Condensor (CD 03)

| | |
|---------------------|-----------------------------------|
| Fungsi | : Mendinginkan Hasil Atas ST 01 |
| Type | : <i>Shell and Tube Condenser</i> |
| jumlah | : 1 buah |
| bahan | : <i>Plate Stell SA.283 C</i> |
| <i>Ukuran Shell</i> | |
| IDs | : 17.025 in |
| Baffle Spacing | : 12.76875 in |
| Passes | : 2 buah |
| Pressure Drop | : 0.0004 psia |
| <i>Ukuran Tube</i> | |
| Odt | : 0.75 in |
| IDt | : 0.62 in |
| BWG | : 16 |
| Susunan | : <i>Triangular Pitch</i> |
| Jumlah Tube | : 196 buah |
| Passea | : 2 buah |
| Flow Area | : 0.30 ft ² |
| Panjang Tube | : 16 in |

| | |
|--------------------|---|
| Surface per in fit | : 0.20 ft ² |
| Pressure Drop | : 0.0255 psia |
| Uc | : 159.7328 Btu/jam.ft ² .°F |
| Ud | : 150.00 Btu/hr.ft ² .°F |
| Rd | : 0.000406 ja.m.ft ² .°F/Btu |

3.4.14 Accumulator (AC 01)

| | |
|---------------|---|
| Fungsi | : 1. Sebagai penampung arus keluaran Condensor pada MD 01 2. untuk menjaga konstinuitas dan kestabilan aliran keluar |
| Type | : Tangki Silinder Horizontal |
| Waktu tinggal | : 5 menit |
| <i>Ukuran</i> | |
| Diameter | : 1.2660 m |
| Panjang | : 2.2396 m |
| Tebal | : 0.0042 in |
| Bahan | : <i>Plate Stell SA.283 C</i> |
| Jumlah | : 1 buah |

3.4.15 Reboiler (RB 01)

| | |
|---------------------|-----------------------------------|
| Fungsi | : Mendinginkan Hasil Atas ST 01 |
| Type | : <i>Shell and Tube Condenser</i> |
| jumlah | : 1 buah |
| bahan | : <i>Plate Stell SA.283 C</i> |
| <i>Ukuran Shell</i> | |
| IDs | : 23.025 in |
| Baffle Spacing | : 17.26875 in |
| Passes | : 1 buah |

| | |
|--------------------|---|
| Pressure Drop | : 0.0004 psia |
| <i>Ukuran Tube</i> | |
| Odt | : 0.75 in |
| IDt | : 0.62 in |
| BWG | : 16 |
| Susunan | : <i>Triangular Pitch</i> |
| Jumlah Tube | : 384 buah |
| Passea | : 1 buah |
| Flow Area | : 0.20 ft ² |
| Panjang Tube | : 18 in |
| Surface per in fit | : 0.30 ft ² |
| Pressure Drop | : 0.0123 psia |
| Uc | : 159.7328 Btu/jam.ft ² .°F |
| Ud | : 150.00 Btu/hr.ft ² .°F |
| Rd | : 0.000406 ja.m.ft ² .°F/Btu |

3.4.16 POMPA 1

Fungsi : mengalirkan bahan baku dari pembelian ke tangki penyimpanan

Type : centrifugal pump

Kapasitas Pompa : 43.683 gpm/

Head Pompa : 6.3382 m

Power Pompa : 0.5307 HP

Power Motor : 0.6633 HP

Ukuran Pipa

D Nominal : 3in

Sch : 40

ID : 2.469 in

Flow Area per Pipe (at) : 4.79 in

3.4.17 POMPA 2

| | |
|-------------------------|---|
| Fungsi | : mengalirkan bahan baku dari pembelian ke tangki Vaporizer |
| Type | : centrifugal pump |
| Kapasitas Pompa | : 44.530 gpm |
| Head Pompa | : 6.3514 m |
| Power Pompa | : 0.5421HP |
| Power Motor | : 0.6776HP |
| <i>Ukuran Pipa</i> | |
| D Nominal | : 3in |
| Sch | : 40 |
| ID | : 2.469 in |
| Flow Area per Pipe (at) | : 4.79 in |

3.4.18 POMPA 3

| | |
|-------------------------|---|
| Fungsi | : mengalirkan produk dari MD 01 ke tangki penyimpanan |
| Type | : centrifugal pump |
| Kapasitas Pompa | : 38.318 gpm |
| Head Pompa | : 6.5760 m |
| Power Pompa | : 0.3677 HP |
| Power Motor | : 0.4596 HP |
| <i>Ukuran Pipa</i> | |
| D Nominal | : 3in |
| Sch | : 40 |
| ID | : 2.469 in |
| Flow Area per Pipe (at) | : 4.79 in |

3.4.19 POMPA 4

| | |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Fungsi | : mengalirkan produk ke mobil tangki |
| Type | : centrifugal pump |
| Kapasitas Pompa | : 38.318 gpm |
| Head Pompa | : 6.4462 m |
| Power Pompa | : 0.3604 HP |
| Power Motor | : 0.4505 HP |
| <i>Ukuran Pipa</i> | |
| D Nominal | : 3in |
| Sch | : 40 |
| ID | : 2.469 in |
| Flow Area per Pipe (at) | : 4.79 in |

3.4.20 POMPA 5

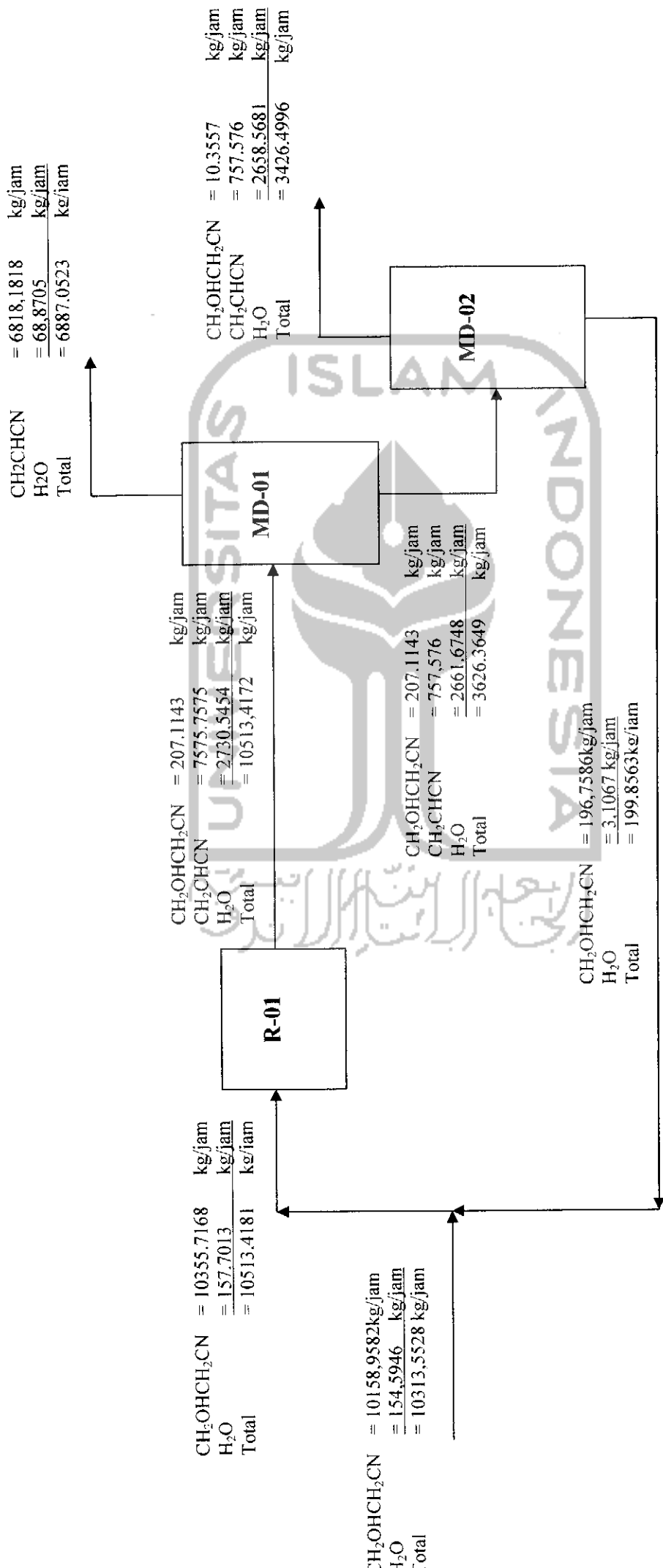
| | |
|-------------------------|--|
| Fungsi | : mengalirkan hasil bawah MD 01 ke ST 01 |
| Type | : centrifugal pump |
| Kapasitas Pompa | : 12.884 gpm |
| Head Pompa | : 6.2487 m |
| Power Pompa | : 0.1455 HP |
| Power Motor | : 0.1819 HP |
| <i>Ukuran Pipa</i> | |
| D Nominal | : 2 in |
| Sch | : 40 |
| ID | : 1.61 in |
| Flow Area per Pipe (at) | : 2.04 in |

3.4.21 POMPA 6

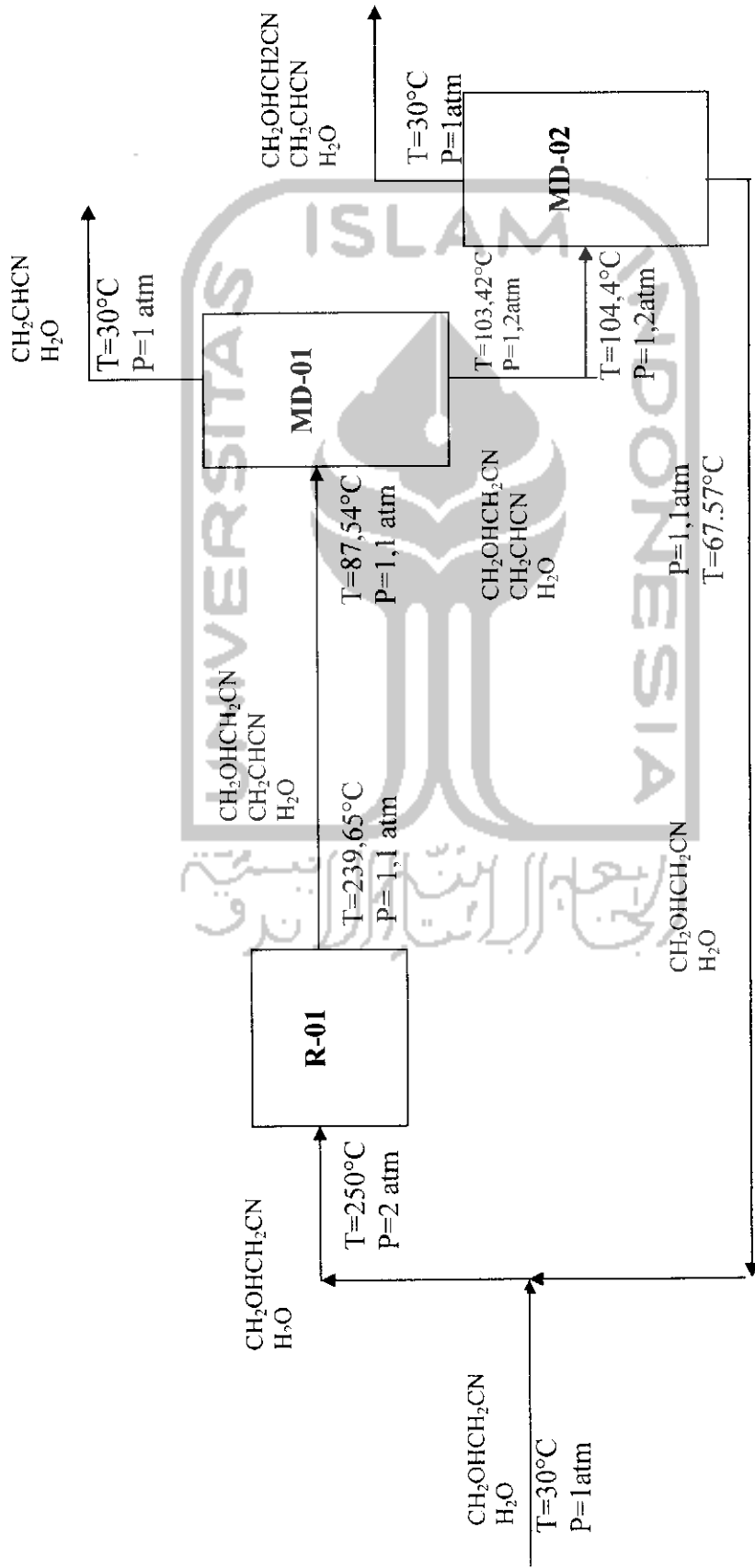
| | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Fungsi | : mengalirkan hasil atas ST 01 ke UPL |
| Type | : centrifugal pump |
| Kapasitas Pompa | : 15.406 gpm |
| Head Pompa | : 6.5484 m |
| Power Pompa | : 0.1822 HP |
| Power Motor | : 0.2277 HP |
| <i>Ukuran Pipa</i> | |
| D Nominal | : 2 in |
| Sch | : 40 |
| ID | : 1.61 in |
| Flow Area per Pipe (at) | : 2.04 in |

3.4.21 POMPA 7

| | |
|-------------------------|---|
| Fungsi | : mengalirkan hasil bawah ST 01 sebagai recycle dengan fresh feed |
| Type | : centrifugal pump |
| Kapasitas Pompa | : 0.847 gpm |
| Head Pompa | : 6.2734 m |
| Power Pompa | : 0.0101 HP |
| Power Motor | : 0.0127 HP |
| <i>Ukuran Pipa</i> | |
| D Nominal | : 1 in |
| Sch | : 40 |
| ID | : 0.622 in |
| Flow Area per Pipe (at) | : 0.304 in |



Gambar Diagram Alir Kualitatif



Gambar Diagram Alir Kuantitatif