

BAB 3

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Bahan baku Etanol dari tangki penyimpanan T-01 pada suhu 32 °C tekanan 1 atm dipanaskan terlebih dahulu didalam *Heat Exchanger* (HE-01) sampai suhu 325 °C. Setelah dipanaskan Etanol masuk ke dalam *Reaktor* (R-01) untuk membentuk asetaldehid. Pada R-01 terjadi proses *Dehidrogenasi Ethanol* menjadi *asetaldehid* pada fase gas dengan suhu 325 °C dan tekanan 1 atm. Pada R-01 konversi reaktor mencapai 90%.

Selanjutnya hasil dari R-01 dipanaskan kembali menggunakan HE-02 sebelum masuk reaktor ke 2. Pada R-02 etanol dan asetaldehid bereaksi membentuk 1,3 Butadiene pada suhu 350 °C dan tekanan 1 atm dengan konversi mencapai 30%.

Dari R-02 bahan dimasukkan ke dalam *Cooler* (CL-01) untuk diturunkan suhunya dari suhu 350 °C menjadi 75 °C kemudian di kondensasikan dalam kondensor (CD-01) hingga mencapai suhu 20 °C. Hasil keluaran CD-01 dipisahkan menggunakan separator, dimana 1,3 Butadiene dan hidrogen sebagai hasil atas yang selanjutnya dimasukkan ke kondensor 2 (CD-02), sedangkan hasil bawah separator (SP-01) berupa air, etanol dan asetaldehid dialirkan ke dalam menara distilasi untuk dimurnikan.

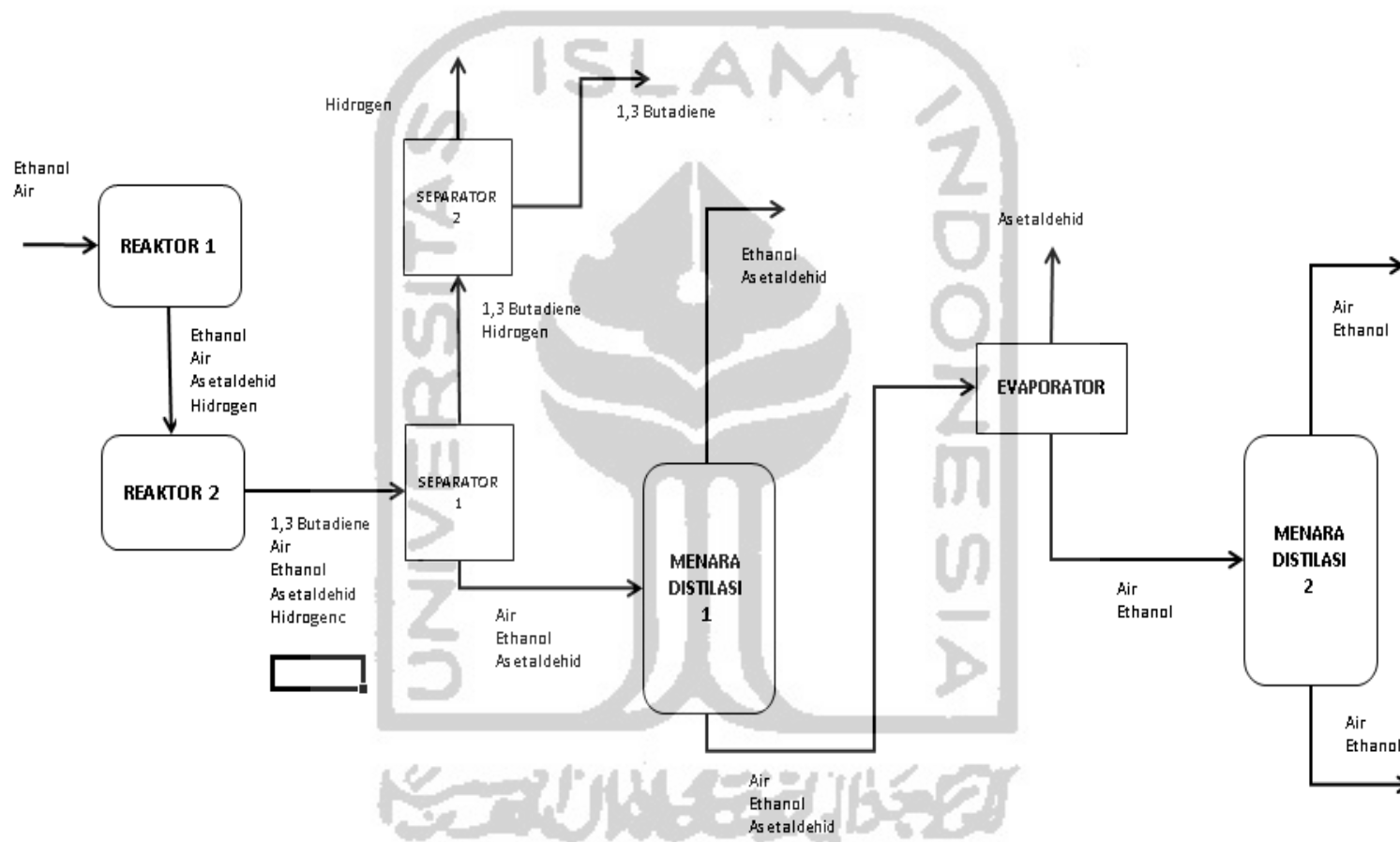
Pada kondensor 2 (CD-02), 1,3 Butadiene dan Hidrogen dikondensasikan yang hingga suhu -4 °C selanjutnya di pisahkan dengan separator (SP-02) sehingga diperoleh hasil atas yaitu hidrogen dalam bentuk gas, dan hasil bawah diperoleh produk utama yaitu 1,3 Butadiene dalam bentuk cair.

Pada Menara distilasi (MD-01) diperoleh asetaldehid sebagai hasil atas pada suhu 24,23 °C yang selanjutnya akan dialirkan ke tangki penyimpanan produk (T-04), dan hasil bawah nya dialirkan kedalam evaporator (EV-01) untuk menguapkan sisa asetaldehid dari ethanol dan air. Etanol dan air hasil dari evaporator lalu dimurnikan menggunakan menara distilasi (MD-02) dan diperoleh etanol dengan kemurnian 95,6% sebagai hasil atas, sedangkan hasil bawah MD-02 dialirkan ke unit pengolahan limbah.

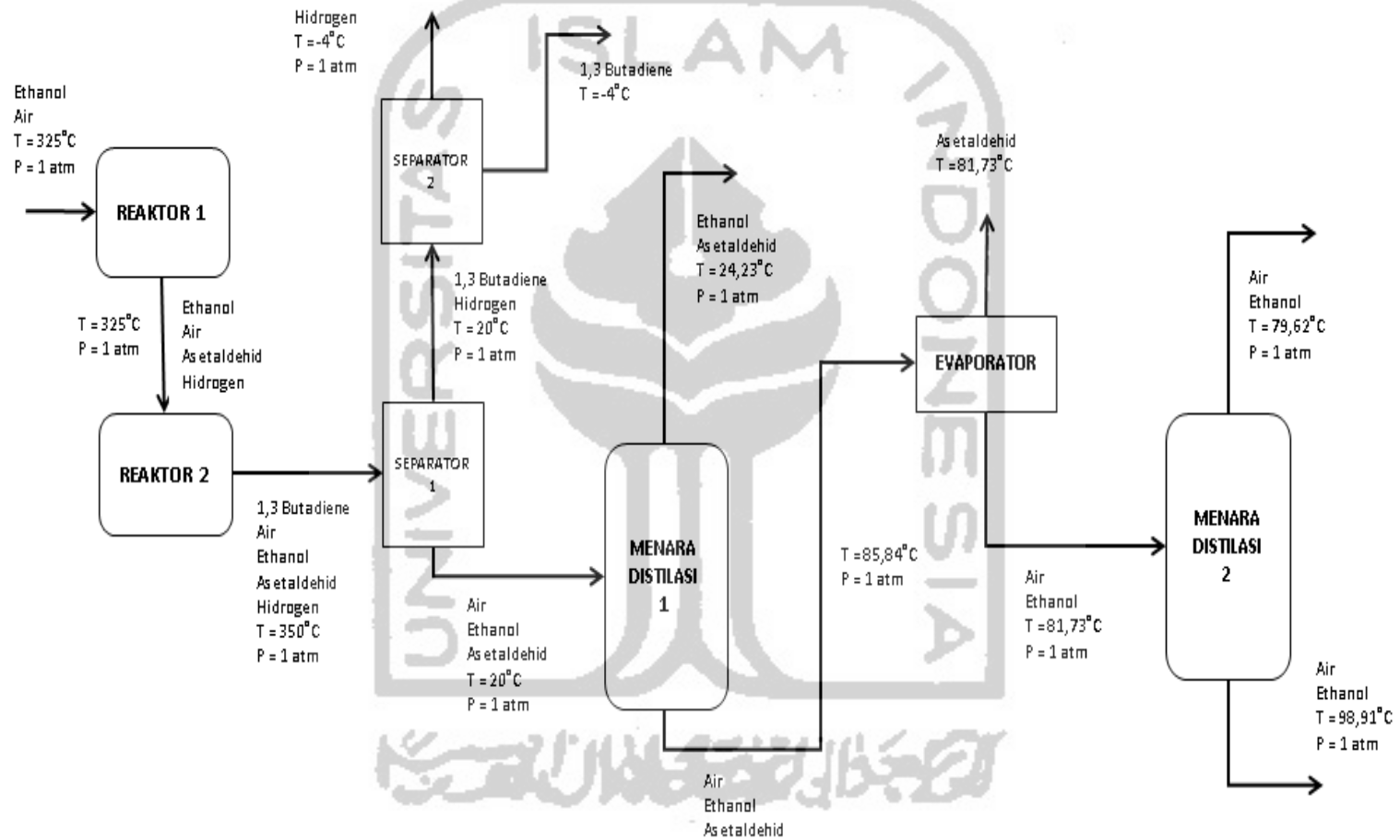
32 Diagram Alir

Diagram alir perancangan pabrik 1,3 Butadiene dari Ethanol dan Asetaldehid ditunjukkan pada gambar berikut:

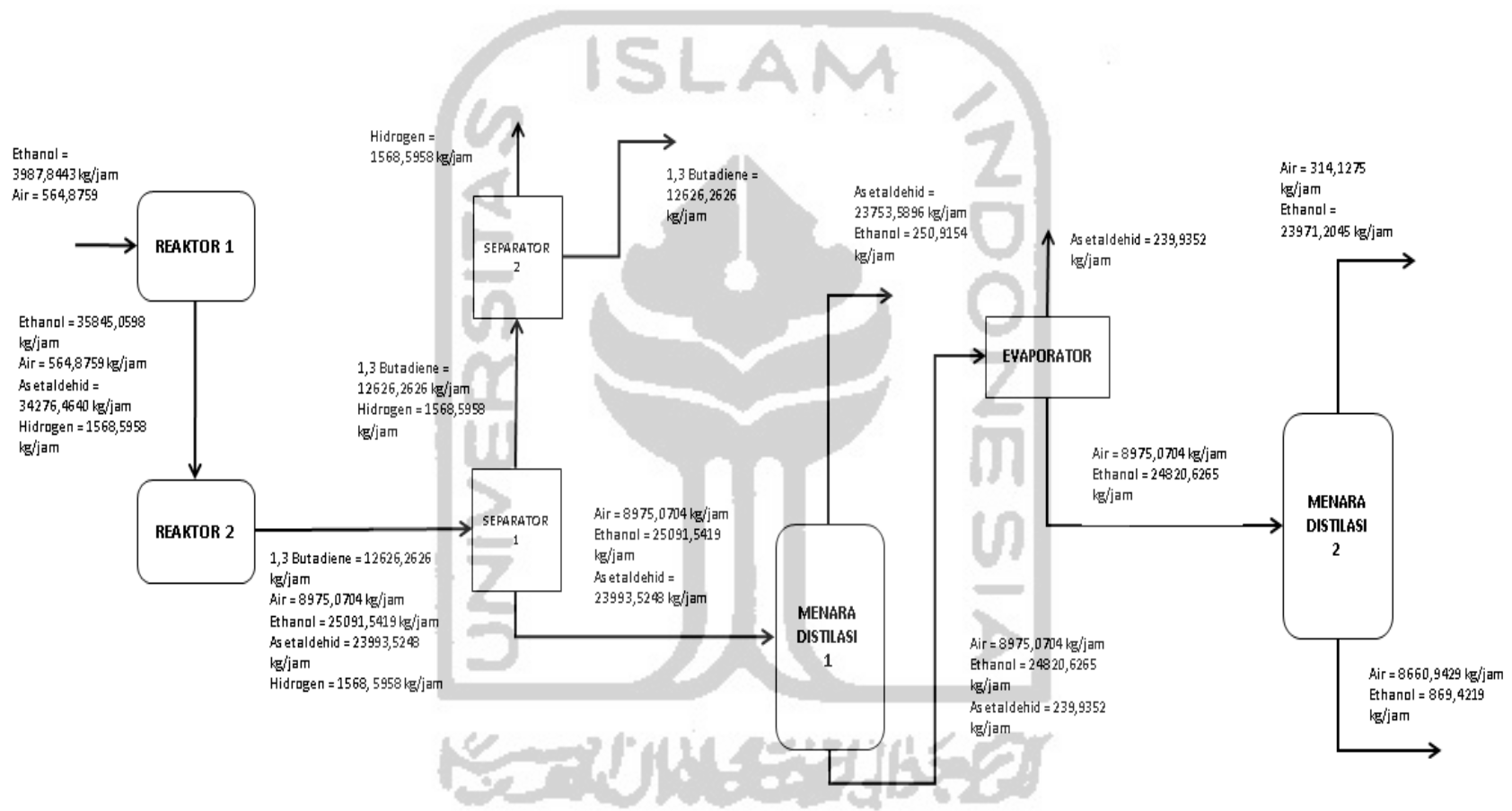




Gambar 3.1 Diagram Alir Proses



Gambar 3.2 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.3 Diagram Alir Kuantitatif

33 Tahapan Proses

Secara umum proses pembentukan 1,3 Butadiene dari ethanol dan asetaldehid dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Unit Penyiapan Bahan Baku
2. Unit Reaksi
3. Unit Pemisahan dan Pemurnian Produk

3.3.1 Unit Penyiapan Bahan Baku

Ethanol disimpan sementara pada tangki penyimpanan (T-01) dengan suhu 32°C dan tekanan 1 atm lalu dipompa ke heat exchanger untuk dinaikkan suhunya. Setelah itu ethanol dan sedikit air kemudian dipompa menuju reaktor untuk direaksikan.

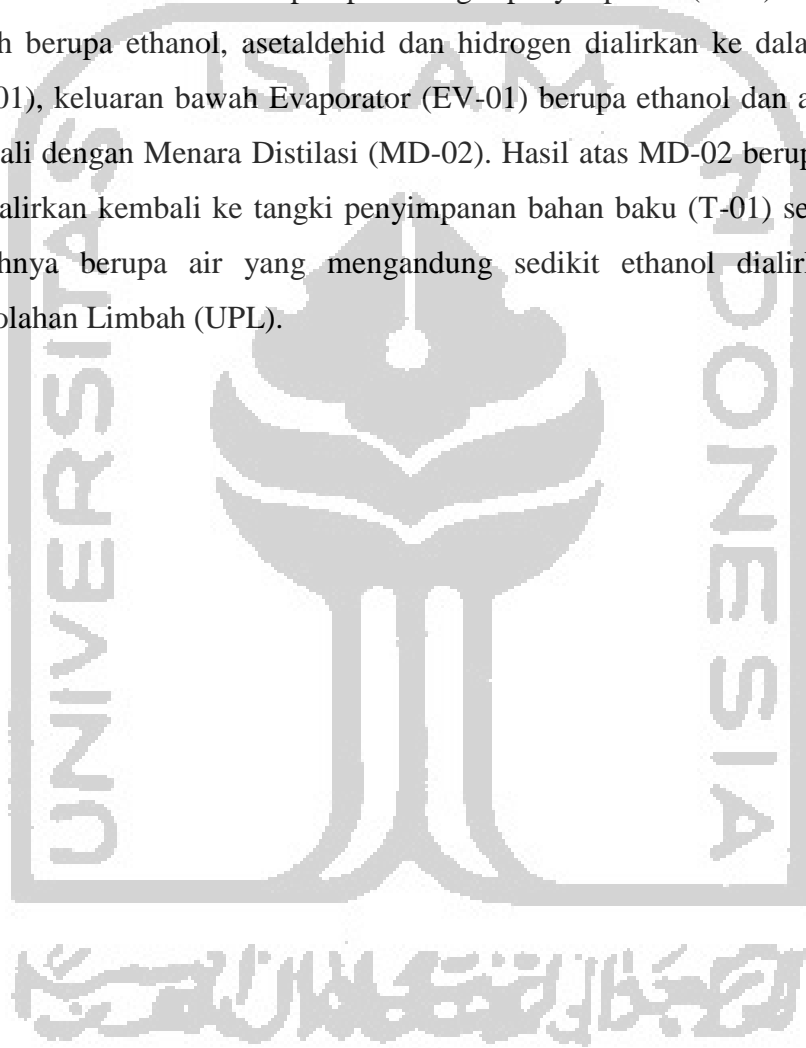
3.3.2 Unit Reaksi

Hasil keluaran dari Heat Exchanger (HE-01) kemudian direaksikan di Reaktor (R-01). Reaktor yang digunakan yaitu reaktor *fixed bed multitube*. Proses ini berlangsung dalam fase gas pada tekanan 1 atm dan suhu 325°C . Setelah itu ethanol dan asetaldehid dinaikkan suhunya kembali dengan heat exchanger lalu dimasukkan ke dalam reaktor (R-02) yang berlangsung dalam fase gas pada tekanan 1 atm dan suhu 350°C . Setelah itu bahan keluaran reaktor 2 dialirkan ke tahap selanjutnya.

3.3.3 Unit Pemisahan dan Pemurnian Produk

Produk keluar reaktor yang berupa campuran 1,3 Butadiene, air, Ethanol, asetaldehid dan hidrogen dipompa menuju Cooler (CL-01) untuk didinginkan lalu diubah fasenya dari fase gas ke fase cair menggunakan Condensor (CD-01), keluaran dari Condensor (CD-01) masuk ke Separator (SP-01) untuk dipisahkan antara cairan dan gas. Hasil atas SP-01 berupa 1,3 Butadiene dan Hidrogen di alirkan ke Condensor (CD-02) sedangkan hasil bawahnya berupa ethanol,

asetaldehid dan air dialirkan ke Menara Distilasi (MD-01) untuk dimurnikan. Dari Condensor 2 (CD-02) butadiene dan hidrogen dialirkan ke Separator (SP-02) hasil atas nya berupa hidrogen disimpan didalam tangki penyimpanan (T-02), sedangkan hasil bawah berupa 1,3 Butadiene yang merupakan produk utama disimpan didalam tangki penyimpanan produk (T-03). Ethanol, asetaldehid dan air pada Menara Distilasi (MD-01) dimurnikan yang menghasilkan hasil aats berupa asetaldehid kemudian disimpan pada tangki penyimpanan (T-04) sedangkan hasil bawah berupa ethanol, asetaldehid dan hidrogen dialirkan ke dalam Evaporator (EV-01), keluaran bawah Evaporator (EV-01) berupa ethanol dan air dimurnikan kembali dengan Menara Distilasi (MD-02). Hasil atas MD-02 berupa ethanol dan air dialirkan kembali ke tangki penyimpanan bahan baku (T-01) sednagkan hasil bawahnya berupa air yang mengandung sedikit ethanol dialirkan ke Unitt Pengolahan Limbah (UPL).



34 Neraca Massa dan Neraca Panas

3.4.1 Neraca Massa

Tabel 3.1 Neraca Massa R-01

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Arus 1 | Arus 2 |
| C ₄ H ₆ | | |
| H ₂ O | 716,8150 | 716,8150 |
| C ₂ H ₅ OH | 39.827,8443 | 3.982,7844 |
| CH ₃ CHO | | 34.276,4640 |
| H ₂ | | 1.568,5958 |
| Total | 40.544,6592 | 40.544,6592 |

Tabel 3.2 Neraca Massa R-02

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Arus 2+3 | Arus 4 |
| C ₄ H ₆ | | 12.626,2626 |
| H ₂ O | 716,8150 | 9.127,0095 |
| C ₂ H ₅ OH | 35.845,0598 | 25.091,5419 |
| CH ₃ CHO | 34.276,4640 | 23.993,5248 |
| H ₂ | 1.568,5958 | 1.568,5958 |
| Total | 72.406,9346 | 72.406,9346 |

Tabel 3.3 Neraca Massa CD-01

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Arus 4 | Arus 4 |
| C ₄ H ₆ | 12.626,2626 | 12.626,2626 |
| H ₂ O | 9.127,0095 | 9.127,0095 |
| C ₂ H ₅ OH | 25.091,5419 | 25.091,5419 |
| CH ₃ CHO | 23.993,5248 | 23.993,5248 |
| H ₂ | 1.568,5958 | 1.568,5958 |
| Total | 72.406,9346 | 72.406,9346 |

Tabel 3.4 Neraca Massa CD-02

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Arus 5 | Arus 5 |
| C ₄ H ₆ | 12.626,2626 | 12.626,2626 |
| H ₂ O | | |
| C ₂ H ₅ OH | | |
| CH ₃ CHO | | |
| H ₂ | 1.568,5958 | 1.568,5958 |
| Total | 14.194,8584 | 14.194,8584 |

Tabel 3.5 Neraca Massa CD-03

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Arus 9 | Arus 9 |
| C ₄ H ₆ | | |
| H ₂ O | 0,0000 | 0,0000 |
| C ₂ H ₅ OH | 250,9154 | 250,9154 |
| CH ₃ CHO | 23.753,5896 | 23.753,5896 |
| H ₂ | | |
| Total | 24.004,5050 | 24.004,5050 |

Tabel 3.6 Neraca Massa CD-04

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Arus 13 | Arus 13 |
| C ₄ H ₆ | | |
| H ₂ O | 401,5884 | 401,5884 |
| C ₂ H ₅ OH | 23.747,6389 | 23.747,6389 |
| CH ₃ CHO | | |
| H ₂ | | |
| Total | 24.149,2273 | 24.149,2273 |

Tabel 3.7 Neraca Massa SP-01

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) | |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| | Arus 4 | Arus 5 | Arus 6 |
| C ₄ H ₆ | 12.626,2626 | 12.626,2626 | |
| H ₂ O | 9.127,0095 | | 9.127,0095 |
| C ₂ H ₅ OH | 25.091,5419 | | 25.091,5419 |
| CH ₃ CHO | 23.993,5248 | | 23.993,5248 |
| H ₂ | 1.568,5958 | 1.568,5958 | |
| Total | 72.406,9346 | 72.406,9346 | |

Tabel 3.8 Neraca Massa SP-02

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) | |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| | Arus 5 | Arus 7 | Arus 8 |
| C ₄ H ₆ | 12.626,2626 | | 12.626,2626 |
| H ₂ O | | | |
| C ₂ H ₅ OH | | | |
| CH ₃ CHO | | | |
| H ₂ | 1.568,5958 | 1.568,5958 | |
| Total | 14.194,8584 | 14.194,8584 | |

Tabel 3.9 Neraca Massa MD-01

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) | |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| | Arus 6 | Arus 9 | Arus 10 |
| C ₄ H ₆ | | | |
| H ₂ O | 9.127,0095 | 0,0000 | 9127,0095 |
| C ₂ H ₅ OH | 25.091,5419 | 250,9154 | 24.840,6265 |
| CH ₃ CHO | 23.993,5248 | 23.753,5896 | 239,9352 |
| H ₂ | | | |
| Total | 58.212,0762 | 58.212,0762 | |

Tabel 3.10 Neraca Massa MD-02

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) | |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|------------|
| | Arus 12 | Arus 13 | Arus 14 |
| C ₄ H ₆ | | | |
| H ₂ O | 9.127,0095 | 401,5884 | 8725,4211 |
| C ₂ H ₅ OH | 24.840,6265 | 23.747,6389 | 1.092,9876 |
| CH ₃ CHO | | | |
| H ₂ | | | |
| Total | 33.967,6360 | 33.967,6360 | |

Tabel 3.11 Neraca Massa EV-01

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) | |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| | Arus 10 | Arus 11 | Arus 12 |
| C ₄ H ₆ | | | |
| H ₂ O | 9.127,0095 | | 9.127,0095 |
| C ₂ H ₅ OH | 24.840,6265 | | 24.840,6265 |
| CH ₃ CHO | 239,9352 | 239,9352 | |
| H ₂ | | | |
| Total | 34.207,5712 | 34.207,5712 | |

Tabel 3.12 Neraca Massa Total

| Komponen | Masuk (Kg/Jam) | | Keluar (Kg/jam) | | | | | |
|----------------------------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|-----------|---------|-----------|----------|
| | Arus 1 | Arus 3 | Arus 7 | Arus 8 | Arus 9 | Arus 11 | Arus 13 | Arus 14 |
| C ₄ H ₆ | | | | 12.626,26 | | | | |
| H ₂ O | 716,81 | | | | 0,00 | | 401,59 | 8.725,42 |
| C ₂ H ₅ OH | 39.827,84 | 31.862,28 | | | 250,92 | | 23.747,64 | 1.092,99 |
| CH ₃ CHO | | | | | 23.753,59 | 239,94 | | |
| H ₂ | | | 1.568,60 | | | | | |
| Total | 72.406,93 | | 72.406,934 | | | | | |

3.4.2 Neraca Panas

Tabel 3.12 Neraca Panas R-01

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| | Arus 1 | Arus 2 |
| C ₄ H ₆ | | |
| H ₂ O | 327.255,6390 | 327.255,6390 |
| C ₂ H ₅ OH | 22.488.342,5435 | 2.248.834,2544 |
| CH ₃ CHO | | 16.461.977,6056 |
| H ₂ | | 6.808.463,6605 |
| ΔH reaksi | | 68.450,0000 |
| Qpemanas | 3.099.382,9769 | |
| Total | 25.914.981,1594 | 25.914.981,1594 |

Tabel 3.13 Neraca Panas R-02

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| | Arus 2+3 | Arus 4 |
| C ₄ H ₆ | | 8.461.360,5513 |
| H ₂ O | 355.788,6123 | 5.652.972,7807 |
| C ₂ H ₅ OH | 2.711.180,6217 | 15.633.749,1438 |
| CH ₃ CHO | 18.134.789,7830 | 12.694.352,8481 |
| H ₂ | 7.380.104,1382 | 7.380.104,1382 |
| ΔH reaksi | | 269.530,0000 |
| Qpemanas | 21.510.206,3068 | |
| Total | 50.092.069,4621 | 50.092.069,4621 |

Tabel 3.14 Neraca Panas HE-01

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| | Arus 1 | Arus 1 |
| C ₄ H ₆ | | |
| H ₂ O | 16.567,2602 | 787.201,2664 |
| C ₂ H ₅ OH | 652.398,1075 | 38.711.270,8755 |
| CH ₃ CHO | | |
| H ₂ | | |
| Q Steam | 38.829.506,7742 | |
| Total | 39.498.472,1419 | 39.498.472,1419 |

Tabel 3.15 Neraca Panas HE-02

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| | Arus 2 | Arus 2 |
| C ₄ H ₆ | | |
| H ₂ O | 787.201,2664 | 873.989,3126 |
| C ₂ H ₅ OH | 3.871.127,0875 | 4.386.180,0484 |
| CH ₃ CHO | 39.733.235,9123 | 45.849.896,9681 |
| H ₂ | 6.808.392,0061 | 7.380.030,1912 |
| Q Steam | 7.290.140,2479 | |
| Total | 58.490.096,5203 | 58.490.096,5203 |

Tabel 3.16 Neraca Panas HE-03

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| | Arus 3 | Arus 3 |
| C ₄ H ₆ | | |
| H ₂ O | | |
| C ₂ H ₅ OH | 521.918,4860 | 30.969.016,7004 |
| CH ₃ CHO | | |
| H ₂ | | |
| Q Steam | 30.447.098,2144 | |
| Total | 30.969.016,7004 | 30.969.016,7004 |

Tabel 3.17 Neraca Panas HE-04

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Arus 6 | Arus 6 |
| C ₄ H ₆ | | |
| H ₂ O | -9.486.837,0017 | 44.373.368,0855 |
| C ₂ H ₅ OH | -4.886.937,8548 | 23.322.742,3956 |
| CH ₃ CHO | | 59.100.573,5153 |
| H ₂ | | |
| Q Steam | 153.437.611,9749 | |
| Total | 126.796.683,9965 | 126.796.683,9965 |

Tabel 3.18 Neraca Panas HE-05

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| | Arus 12 | Arus 12 |
| C ₄ H ₆ | | |
| H ₂ O | 1.526.093,4846 | 2.345.486,8702 |
| C ₂ H ₅ OH | 2.376.064,4853 | 3.708.010.2953 |
| CH ₃ CHO | | |
| H ₂ | | |
| Q Steam | 3.677.432,6802 | |
| Total | 6.053.497,165 | 6.053.497,165 |

Tabel 3.17 Neraca Panas MD-01

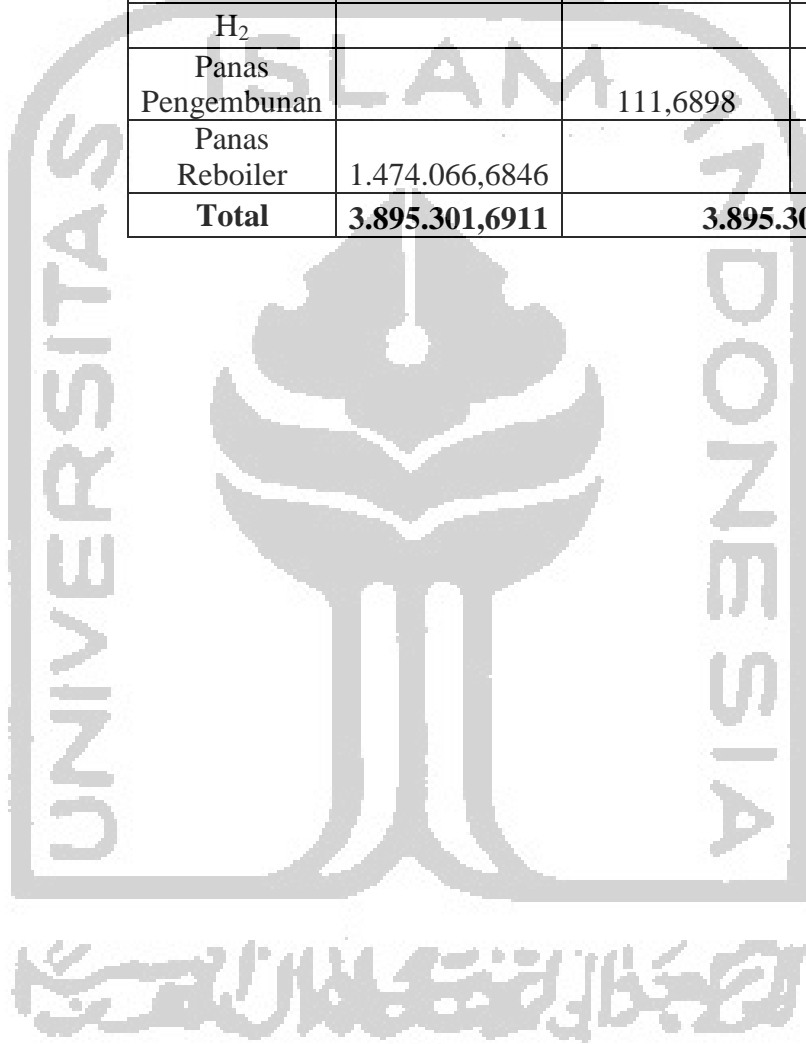
| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) | |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|----------------|
| | Arus 6 | Arus 9 | Arus 10 |
| C ₄ H ₆ | | | |
| H ₂ O | 276.256,4961 | 0,0000 | 1.089.090,8040 |
| C ₂ H ₅ OH | 477.081,1639 | 250,4994 | 1.892.861,9416 |
| CH ₃ CHO | 459.870,5614 | 2.277.249,2321 | 188,9785 |
| H ₂ | | | |
| Panas Pengembunan | | 12.547.793,4330 | |
| Panas Reboiler | 16.594.226,6673 | | |
| Total | 17.807.434,8887 | 17.807.434,8887 | |

Tabel 3.18 Neraca Panas MD-02

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) | |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|----------------|
| | Arus 12 | Arus 13 | Arus 14 |
| C ₄ H ₆ | | | |
| H ₂ O | 1.186.513,8356 | 678,8263 | 2.572.501,2040 |
| C ₂ H ₅ OH | 2.069.688,0289 | 2.259.854,0690 | 5.936,7460 |
| CH ₃ CHO | | | |
| H ₂ | | | |
| Panas Pengembunan | | 38.894.942,3614 | |
| Panas Reboiler | 40.477.711,3422 | | |
| Total | 43.733.913,2066 | 43.733.913,2066 | |

Tabel 3.19 Neraca Panas EV-01

| Komponen | Masuk (Kg/jam) | Keluar (Kg/jam) | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| | Arus 10 | Arus 11 | Arus 12 |
| C ₄ H ₆ | | | |
| H ₂ O | 938.162,2558 | | 1.499.438,7755 |
| C ₂ H ₅ OH | 1.468.763,9306 | | 2.372.505,7267 |
| CH ₃ CHO | 14.308,8200 | 23.245,4991 | |
| H ₂ | | | |
| Panas Pengkondensasi | | 111,6898 | |
| Panas Reboiler | 1.474.066,6846 | | |
| Total | 3.895.301,6911 | 3.895.301,6911 | |



35 Spesifikasi Alat/Mesin Produk

3.5.1 Tangki Penyimpan Ethanol

Kode : T-01
Fungsi : Menyimpan bahan baku ethanol selama 7 hari
Jenis : Tangki silinder tegak dengan alas datar (*flat bottom*) dengan

bagian atas berbentuk *Elipzoidal*.

Jumlah : 1 Buah
Kapasitas : 20.912 m³
Bahan : *Carbon Steel SA 167 type 316*
Kondisi penyimpanan
Tekanan : 1 atm
Suhu : 32 °C
Dimensi
Diameter tangki : 48,7680 m
Tinggi tangki : 16,4592 m
Tebal *shell* : 0,0318 m
Tebal *head* : 0,6945 m
Tinggi *head* : 7,6032 m
Tinggi total : 24,0624 m

3.5.2 Tangki Penyimpanan Hidrogen (H₂)

Kode : T-02
Fungsi : Menyimpan produk hasil atas keluaran SP-02

Jenis : Spherical Tank
Jumlah : 1 Buah
Bahan : *Carbon Steel SA 283 grade C*
Kapasitas : 277.685,424 m³

Kondisi penyimpanan

Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C
Dimensi
Diameter tangki : 80,9221 m
Tinggi Tangki : 80,9221m
Tebal dinding tangki : 0,0287 m

3.5.3 Tangki Penyimpanan 1,3 Butadiene

Kode : T-03

Fungsi : Menyimpan produk 1,3 Butadiene

Jenis : Tangki silinder tegak dengan alas datar (*flat bottom*) dengan bagian atas berbentuk *Elipzoidal*.

Jumlah : 1 Buah

Kapasitas : 6.971,1638 m³

Bahan : *Carbon Steel SA 167 type 316*

Kondisi penyimpanan

Tekanan : 1 atm

Suhu : 32 °C

Dimensi

Diameter tangki : 48,7680 m

Tinggi tangki : 16,4592 m

Tebal *shell* : 0,0318 m

Tebal *head* : 0,6945 m

Tinggi *head* : 7,6032 m

Tinggi total : 24,0624 m

Kondisi penyimpanan

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Dimensi

Diameter tangki : 63,1560 m

Tinggi Tangki : 63,1560 m

Tebal dinding tangki : 0,0231 m

3.5.4 Tangki Penyimpanan Asetaldehid

Kode : T-04

Fungsi : Menyimpan Asetaldehid selama 30 hari

Jenis : Tangki silinder tegak dengan alas datar (*flat bottom*) dengan

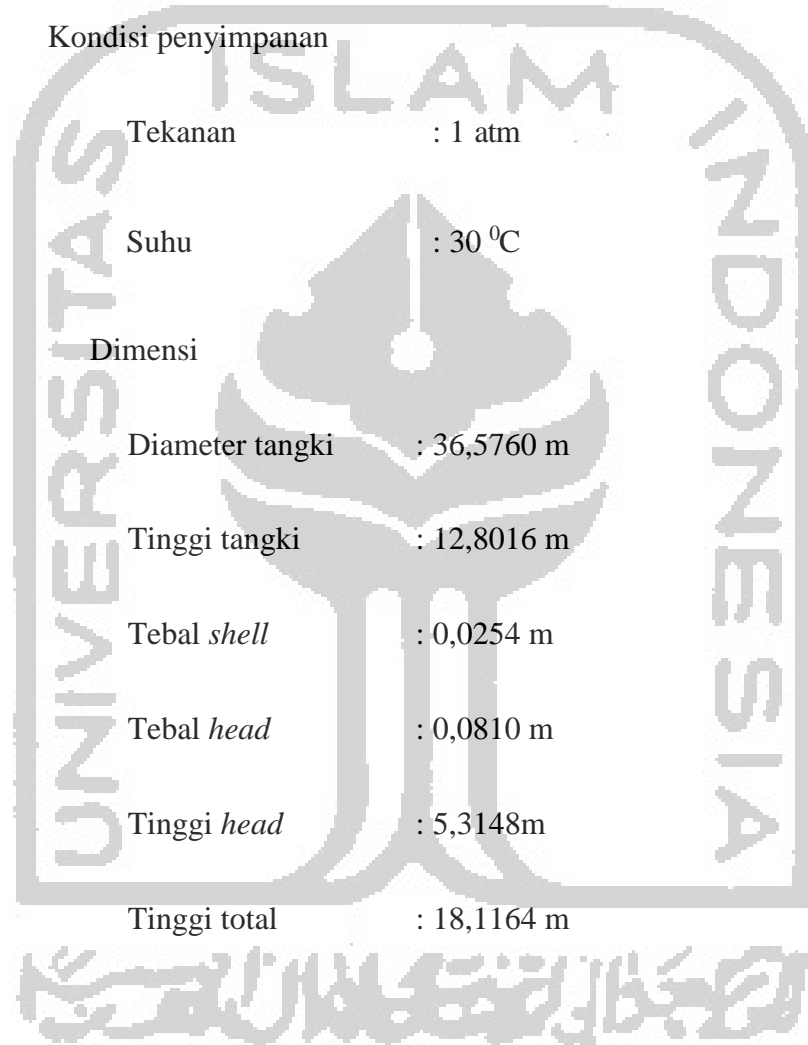
bagian atas berbentuk *Elipsoidal*.

Jumlah : 1 Buah

Kapasitas : 13.274 m³

Bahan : *Carbon Steel SA 167 type 314*

Kondisi penyimpanan



3.5.5 Heat Exchanger 01

Kode : HE-01

Fungsi : Menaikkan suhu umpan reaktor

Jenis : *Shell and Tube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Shell:

ID shell : 31 in

Passes : 4

Fluida : Umpan reaktor

Suhu masuk : 32 °C = 305 K

Suhu keluar : 325 °C = 598 K

Tube:

Jumlah (Nt) : 600

OD : 0,75 in

BWG : 10

Length : 12 ft

Pitch : 1 in Square Pitch

Baffel spacing : 15,5 in

Fluida : *Dowtherm A*

Suhu masuk : 370 °C = 643 K

Suhu keluar : 350 °C = 623 K

Luas perpindahan panas : 1.407,082 ft²

3.5.6 Heat Exchanger 02

Kode : HE-02

Fungsi : Menaikkan suhu umpan reaktor 2

Jenis : *Shell and Tube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Shell:

ID shell : 29 in

Passes : 2

Fluida : Umpan reaktor

Suhu masuk : 325 °C = 598 K

Suhu keluar : 350 °C = 623 K

Tube:

Jumlah (Nt) : 718

OD : 0,75 in

BWG : 10

Length : 12 ft

Pitch : 1 in *Square Pitch*

Baffel spacing : 14,5 in

Fluida : *Saturated Steam*

Suhu masuk : 370 °C = 643 K

Suhu keluar : 350 °C = 623 K

Luas perpindahan panas : 1.660,257 ft²

3.5.7 Heat Exchanger-03

Kode : HE-03

Fungsi : Menaikkan suhu umpan sebelum masuk ke reaktor 2

Jenis : *Shell And Tube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Shell:

ID shell : 29 in

Passes : 4

Fluida : Umpan reaktor

Suhu masuk : 32 °C = 305 K

Suhu keluar : 350 °C = 623 K

Tube:

Jumlah (Nt) : 480

OD : 0,75 in

BWG : 10
Length : 12 ft
Pitch : 1 in Square Pitch

Baffel spacing : 14,5 in

Fluida : Dowtherm A

Suhu masuk : 370 °C = 643 K

Suhu keluar : 350 °C = 623 K

Luas perpindahan panas : 1.103,325 ft²

3.5.8 Heat Exchanger-04

Kode : HE-04

Fungsi : Menaikkan suhu umpan sebelum masuk ke MD-01

Jenis : *Shell And Tube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Shell:

ID *shell* : 39 in

Passes : 1

Fluida : Umpan menara distilasi

Suhu masuk : 20 °C = 293 K

Suhu keluar : 48,47 °C = 392,25 K

Tube:

| | |
|------------------------|-----------------------------|
| Jumlah (Nt) | 1377 |
| OD | : 0,75 in |
| BWG | 10 |
| Length | : 12 ft |
| Pitch | : 1 in Triangular Pitch |
| Baffel spacing | : 14,5 in |
| Fluida | : Saturated steam |
| Suhu masuk | : 370 °C = 643 K |
| Suhu keluar | : 350 °C = 623 K |
| Luas perpindahan panas | : 3.210,337 ft ² |

3.5.9 Heat Exchanger-05

Kode : HE-05

Fungsi : Menaikkan suhu umpan sebelum masuk ke MD-02

Jenis : *Double Pipe*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Anullus:

ID : 3,068 in

OD : 2,380 in

No.Schedule : 40

Suhu masuk : 65 °C = 338 K

Suhu keluar : 86,5 °C = 348,75 K

Inner:

ID : 2,067 in

OD : 2,380 in

Jumlah Hairpin : 4

Panjang : 15 ft

Luas perpindahan panas : 30,984 ft²

3.5.10 Reaktor 1

Kode : R-01

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi Dehidrogenasi Ethanol
membentuk asetaldehid

Jenis : *Fixed Bed Reactor Multitube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan Konstruksi

Tube : *Carbon Steel SA 283 grade C*

Shell : *Carbon Steel SA 283 grade C*

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 325 °C

Fase : gas-gas

Volume reaktor : 2.533 m³

Tinggi reaktor : 5,120 m

Tebal *shell* : 0,005 m

Tinggi *head* : 0,657 m

Tebal *Head* : 0,005 m

Spesifikasi *Tube Side*

Jumlah Tube : 48 buah

OD : 0,0254 m

ID : 0,023 m

BWG : 18

Lt : 0,067 m

A : 0,021 m²

Spesifikasi *Shell Side*

OD : 1,83 m

ID : 1,82 m

3.5.11 Reaktor 2

Kode : R-02

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara Ethanol dan asetaldehid membentuk 1,3 Butadiene.

Jenis : *Fixed Bed Reactor Multitube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan Konstruksi

Tube : *Carbon Steel SA 283 grade C*

Shell : *Carbon Steel SA 283 grade C*

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 350°C

Fase : gas-gas

Volume reaktor : 4.095 m³

Tinggi reaktor : 7,093 m

Tebal *shell* : 0,005 m

Tinggi *head* : 0,657 m

Tebal *Head* : 0,005 m

Spesifikasi *Tube Side*

Jumlah Tube : 66 buah

OD : 0,0254 m

ID : 0,037 m

BWG : 18

Lt : 0,078 m

A : 0,029 m²

Spesifikasi *Shell Side*

OD : 1,83 m

ID : 1,82 m

3.5.12 Cooler 1

Kode : CL-01

Fungsi : Menurunkan suhu keluaran R-02 menuju CD-01

Jenis : *Shell and Tube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Shell:

ID *shell* : 39 in

Passes : 1

Fluida : Air

Suhu masuk : 25 °C = 298 K

Suhu keluar : 50 °C = 323 K

Kapasitas : 414.772 kg/jam

Tube:

Jumlah (Nt) : 15.086

OD : 0,75 in

BWG 18

Length : 25 ft

Pitch : 1,3125

Baffel spacing : 15,5 in

Fluida : Umpan keluar R-02

Suhu masuk : 350 °C = 623 K

Suhu keluar : 75 °C = 348 K

Kapasitas : 72.254,996 kg/jam

Luas perpindahan panas : 74.035,7241 ft²

3.5.13 Cooler 2

Kode : CL-02

Fungsi: Menurunkan suhu hasil atas MD-02

Jenis : *Shell and Tube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Shell:

ID shell : 39 in

Passes : 1

Fluida : Air

Suhu masuk : 25 °C = 298 K

Suhu keluar : 50 °C = 323 K

Kapasitas : 35.447,1238 kg/jam

Tube:

Jumlah (Nt) : 10.313

OD : 0,75 in

BWG : 18

Length : 25 ft

Pitch : 1,3125

Baffel spacing : 15,5 in

Fluida : Umpan MD-02

Suhu masuk : 75 °C = 348 K

Suhu keluar : 32 °C = 305 K

Kapasitas : 24.285,332 kg/jam

Luas perpindahan panas : 50.611,6382 ft²

3.5.14 Menara Distilasi 1

Kode : MD-01

Fungsi : Meurnikan asetaldehid

Jenis : *Sieve Tray*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu umpan : 48,45 °C = 321,45 K

Suhu *destilat* : 24,23 °C = 297,23 K

Suhu *bottom* : 85,84 °C = 358,84 K

Jumlah *plate* : 40 plate

Feed plate : 19 dari atas

Dimensi Menara atas

Diameter kolom : 107,059 in = 2,7193 m

Tebal *head* : 0,2076 in = 0,005 m

Dimensi Menara bawah

Diameter kolom : 117,081 in = 2,9891 m

Tebal *head* : 0,2158 in = 0,005 m
Tinggi Menara total : 24,9120 m

Spesifikasi *plate*

Diameter lubang : 5 mm

Jumlah lubang : 25.733

Turn down ratio : 80%

Maerial *plate* : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Tray spacing : 0,3 m

Plate thicknes : 5 mm

3.5.15 Menara Distilasi 2

Kode : MD-02

Fungsi : Memurnikan Ethanol

Jenis : *Sieve Tray*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu umpan : 86,50 °C = 359,65 K

Suhu *destilat* : 79,93 °C = 351,93 K

Suhu *bottom* : 98,43 °C = 371,43 K

Jumlah *plate* : 16 plate

Feed plate : 8 dari atas

Dimensi Menara atas

Diameter kolom : 199,359 in = 5,064 m

Dimensi Menara bawah

Diameter kolom : 307,359 in = 7,087 m

Tinggi Menara total : 7,894 m

Spesifikasi *plate*

Diameter lubang : 5 mm

Jumlah lubang : 1024

Turn down ratio : 80%

Maerial *plate* : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Tray spacing : 0,3 m

Plate thicknes : 5 mm

3.5.16 Evaporator

Kode : EV-01

Fungsi : Menguapkan asetaldehid

Jenis : *Long Tube Vertical Evaporator*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Kebutuhan Steam : 27.550,549 kg/jam

ΔT LMTD : 562,392 °F

Luas transfer panas : 248,477 ft²

Dimensi Evaporator

Dimensi *tube*

Outside diameter : 0,0318 m

Inside diameter : 0,0833 m

Panjang *tube* : 5,4864 m

Pitch : 1,5625

Jumlah *pass* : 4

Jumlah *tube* : 86

Dimensi *shell*

Inside diameter : 0,4890 m

Baffel spacing : 0,2445 m

Jumlah *pass* : 4

Tebal *shell* : 0,0079 m

Tebal *head* : 0,0079 m

Tinggi total : 6,0930 m

3.5.17 Separator 1

Kode : SP-01

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair keluaran CD-01

Jenis : *Torispherical Dished head*

Bentuk : Horizontal

Jumlah : 1 Buah

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 20 °C = 293 K

Tinggi = 3,9173 m

Diameter = 2,8956

Tebal = 0,0255 m

3.5.18 Separator 2

Kode : SP-02

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair keluaran CD-02

Jenis : *Torispherical Dished head*

Bentuk : Horizontal

Jumlah : 1 Buah

Kondisi Operasi

Tekanan: 1 atm

Suhu : $-4^{\circ}\text{C} = 269\text{ K}$

Tinggi = 1,7803 m

Diameter = 4,572 m

Tebal = 0,0385 m



3.5.19 Condensor 1

Kode : CD-01

Fungsi : Mengembunkan uap hasil keluran C-01 d

Jenis : *Shell and Tube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Shell:

ID shell : 31 in

Passes : 1

Fluida : Hasil C-01

Suhu masuk : 75 °C = 348 K

Suhu keluar : 20 °C = 293 K

Kapasitas : 72.254,9955 kg/jam

Tube:

Jumlah (Nt) : 847

OD : 0,75 in

BWG : 18

Passes : 1

Length : 12 ft

Pitch : 1,3125

Baffel spacing : 15,5 in

Fluida : Dowtherm J

Suhu masuk : $-20^{\circ}\text{C} = 253\text{ K}$

Suhu keluar : $-10^{\circ}\text{C} = 263\text{ K}$

Kapasitas : 281.384 kg/jam

Luas perpindahan panas : 1.966,9763 ft^2

3.5.20 Condensor 2

Kode : CD-02

Fungsi : Mengembunkan uap hasil atas SP-01

Jenis : *Shell and Tube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Shell:

ID shell : 23,25 in

Passes : 1

Fluida : Dowtherm J

Suhu masuk : $-20^{\circ}\text{C} = 253\text{ K}$

Suhu keluar : $-10^{\circ}\text{C} = 263\text{ K}$

Kapasitas : 29.389,701 kg/jam

Tube:

Jumlah (Nt) : 442

OD : 0,75 in

BWG 18

Length : 12 ft

Pitch : 1,3125

Baffel spacing : 11,625 in

Fluida : Hasil SP-01

Suhu masuk : 20 °C = 293 K

Suhu keluar : -4 °C = 269 K

Kapasitas : 14.194,858 kg/jam

Luas perpindahan panas : 1.370,0738 ft²

3.5.21 Condensor 3

Kode : CD-03

Fungsi : Menurunkan suhu hasil atas MD-01

Jenis : *Shell and Tube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Shell:

ID shell : 39 in

Passes : 2

Fluida : Dowtherm J

Suhu masuk : $-20^{\circ}\text{C} = 253\text{ K}$

Suhu keluar : $-10^{\circ}\text{C} = 263\text{ K}$

Kapasitas : 924.700 kg/jam

Tube:

Jumlah (Nt) : 1024

OD : 0,75 in

BWG : 18

Length : 12 ft

Pitch : 1,3125

Baffel spacing : 19,5 in

Fluida : Hasil MD-01

Suhu masuk : $24,23^{\circ}\text{C} = 297,23\text{ K}$

Suhu keluar : $20^{\circ}\text{C} = 293\text{ K}$

Kapasitas : 24.004,505 kg/jam

Luas perpindahan panas : 2.317,515 ft²

3.5.22 Condensor 4

Kode : CD-04

Fungsi : Mengembunkan suhu hasil atas MD-02

Jenis : *Shell and Tube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Shell:

ID shell : 39 in

Passes : 2

Fluida : Air

Suhu masuk : 25 °C = 298 K

Suhu keluar : 50 °C = 323 K

Kapasitas : 355.973 kg/jam

Tube:

Jumlah (Nt) : 1330

OD : 0,75 in

BWG : 18

Length : 12 ft

Pitch : 1,3125

Baffel spacing : 19,5 in
Fluida : Hasil MD-02
Suhu masuk : 79,62 °C = 352,62K
Suhu keluar : 75 °C = 348 K

Kapasitas : 24.285,332 kg/jam
Luas perpindahan panas : 3.114,6467 ft²

3.5.23 Reboiler 1

Kode : RB-01
Fungsi : Menguapkan hasil bawah MD-01
Jenis : *Shell and Tube*
Jumlah : 1 Buah
Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*
Shell:
ID shell : 17,25 in

Passes : 1
Fluida : Hasil bawah MD-01

Suhu masuk : 85,84 °C = 358,84 K
Suhu keluar : 87,84 °C = 360,48 K
Kapasitas : 34.055,632 kg/jam

Tube:

Jumlah (Nt) : 177

OD : 0,75 in

BWG : 18

Passes : 1

Length : 18 ft

Pitch : 1

Baffel spacing: 6,9 in

Fluida : *Saturated Steam*

Suhu masuk : $370^{\circ}\text{C} = 643\text{ K}$

Suhu keluar : $370^{\circ}\text{C} = 643\text{ K}$

Kapasitas : 15.762,778kg/jam

Luas perpindahan panas : 617,1823 ft²

3.5.24 Reboiler 2

Kode : RB-02

Fungsi : Menguapkan hasil bawah MD-02

Jenis : *Shell and Tube*

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Stainless Steel SA 167 type 304*

Shell:

ID shell : 39 in

Passes : 2

Fluida : Hasil bawah MD-02

Suhu masuk : 98,91 °C = 371,91 K

Suhu keluar : 100,91 °C = 373,91 K

Kapasitas : 9.530,3648 kg/jam

Tube:

Jumlah (Nt) : 1330

OD : 0,75 in

BWG : 18

Passes : 2

Length : 12 ft

Pitch : 1,3125

Baffel spacing: 15,6 in

Fluida : Saturated Steam

Suhu masuk : 370 °C = 643 K

Suhu keluar : 370 °C = 643 K

Kapasitas : 37.490,237 kg/jam

Luas perpindahan panas : 3.077,877 ft²

3.5.25 Accumulator 1

Kode : Acc-01

Fungsi : Sebagai penampung arus keluaran

kondensor pada MD-02 untuk menjaga

kestabilan dan kontinuitas aliran keluar

Type : Tangki Silinder Horizontal

Jumlah : 1 Buah

Bahan : *Carbon Steel SA299*

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 75 °C

Volume Cairan tangki : 97,9332 m³

Waktu tinggal : 20 menit

Tebal *shell* : 0,313 in

Tebal *head* : 0,750 in

Tabel 3.20. Spesifikasi Pompa

| Kode | Fungsi | Jenis | jumlah (buah) | Laju alir volumetrik (gpm) | ID (m) | OD (m) | Flow area pipe (ft ²) | Panjang pipe (m) | Potential head (m) | Velocity head (m) | Friction Head (ft.lbf/lbm) | Daya pompa (Hp) | Daya motor (Hp) |
|------|--|--------------------------|---------------|----------------------------|--------|--------|-----------------------------------|------------------|--------------------|-------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
| P-01 | Mengalirkan umpan dari Truk ke T-01 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 79,2515 | 0,0779 | 0,0889 | 0,0513 | 45,8445 | 3 | 0,1845 | 0,1662 | 0,8132 | 1,5 |
| P-02 | Mengalirkan umpan dari T-01 ke HE-01 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 79,2515 | 0,0779 | 0,0889 | 0,0513 | 45,8445 | 3 | 0,1845 | 0,1662 | 0,8132 | 1,5 |
| P-03 | Mengalirkan umpan dari T-01 ke HE-03 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 268,868 | 0,1541 | 0,1683 | 0,1944 | 82,2376 | 3 | 0,1475 | 0,2075 | 1,2622 | 2 |
| P-04 | Mengalirkan hasil bawah SP-02 ke T-03 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 109,6670 | 0,1023 | 0,1143 | 0,0882 | 51,9405 | 3 | 0,1193 | 0,2935 | 0,7524 | 1 |
| P-05 | Mengalirkan umpan dari E-01 ke HE-05 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 211,0871 | 0,1541 | 0,1683 | 0,2007 | 71,2648 | 3 | 0,0853 | 0,1358 | 1,0106 | 1,5 |
| P-06 | Mengalirkan umpan dari CD-04 ke ACC-01 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 163,2959 | 0,1541 | 0,1683 | 0,2007 | 71,2648 | 3 | 0,0853 | 0,1358 | 1,0106 | 1,5 |

| Kode | Fungsi | Jenis | jumlah (buah) | Laju alir volumetrik (gpm) | ID (m) | OD (m) | Flow area pipe (ft ²) | Panjang pipe (m) | Potential head (m) | Velocity head (m) | Friction Head (ft.lbf/lbm) | Daya pompa (Hp) | Daya motor (Hp) |
|------|--|--------------------------|---------------|----------------------------|--------|--------|-----------------------------------|------------------|--------------------|-------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
| P-07 | Mengalirkan umpan dari ACC-01 ke CL-02 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 163,2959 | 0,1541 | 0,1683 | 0,2007 | 71,2648 | 3 | 0,0853 | 0,1358 | 1,0106 | 1,5 |
| P-08 | Mengalirkan umpan dari CL-02 ke T-01 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 163,2959 | 0,1541 | 0,1683 | 0,2007 | 71,2648 | 3 | 0,0853 | 0,1358 | 1,0106 | 1,5 |

| Kode | Fungsi | Jenis | Jumlah (buah) | Tekanan (atm) | Suhu (C) | Kecepatan Volumetrik (ft ³ /menit) | Daya Blower (Hp) | Daya motor (Hp) |
|------|--|--------------------------|---------------|---------------|----------|---|------------------|-----------------|
| B-01 | Mengalirkan umpan dari Truk ke T-01 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 1 | 325 | 25.878,7476 | 0,58 | 1,5 |
| B-02 | Mengalirkan umpan dari T-01 ke HE-03 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 1 | 325 | 48.354,4400 | 1,0975 | 1,5 |
| B-03 | Mengalirkan umpan dari SP-02 ke T-03 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 1 | 350 | 50.375,4397 | 1,413 | 1,5 |
| B-04 | Mengalirkan umpan dari RB-01 ke E-01 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 1 | 350 | 20.813,4008 | 0,4724 | 1,5 |
| B-05 | Mengalirkan umpan dari E-01 ke MD-02 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 1 | 350 | 78.213,3633 | 1,7752 | 3 |
| P-06 | Mengalirkan umpan dari MD-02 ke CD-04 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 1 | 75 | 43.697,3160 | 0,9918 | 1,5 |
| B-07 | Mengalirkan umpan dari CD-04 ke ACC-01 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 1 | 20 | 14.319,7759 | 0,325 | 1,5 |
| B-08 | Mengalirkan umpan dari CD-04 ke ACC-01 | <i>Centrifugal Pumps</i> | 1 | 1 | -4 | 10.113,4040 | 0,229 | 1,5 |