

BAB VII

SPESIFIKASI ALAT

1. Pompa-01

Kode alat : P-01
Fungsi : Mengalirkan $C_3H_4O_2$ sebanyak 4.804,4403 kg/jam dari pipa supply bahan baku menuju tangki penyimpanan (T-01)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi

Material Konstruksi : *stainless steel*

Jenis Aliran : Turbulen

- Suhu : 30 °C

- Tekanan (P_1) : 1 atm

- Tekanan (P_2) : 1 atm

Spesifikasi Pompa

- Kapasitas : 5,5118 m³/jam

- Total panjang ekivalen : 44,9319 m

- Diameter optimum pompa : 1,4536 in

- Daya pompa : 1 Hp

Spesifikasi Pipa

- *Normal Pipe Size* (NPS) : 1,5 in

- *Schedule Number* (Sch) : 40

- *Outside Diameter* (OD) : 1,900 in

- *Inside Diameter* (ID) : 1,6100 in

- *Flow area per pipe* (a'') : 2,04 in²

2. Tangki Penyimpanan-01

Kode Alat : T-01

Fungsi : Menyimpan bahan baku berupa asam akrilat dengan waktu tinggal 7 hari sebanyak 4.804,4397 kg/jam

Jenis : Tangki silinder vertikal (*Conical Flanged Head*)

Material : *Stainless Steel*

Kondisi Operasi :

- Suhu : 30 °C
- Tekanan : 1 atm
- Waktu tinggal : 7 hari

Dimensi Tangki

- Diameter : 16,8095 m
- Tinggi : 8,4047 m
- Tebal *head* : 1,6678 in
- Tebal *shell* : 0,1875 in

3. Pompa-02

Kode alat : P-02

Fungsi : Memompa asam akrilat ($C_3H_4O_2$) dari tangki penyimpanan (T-01) menuju *heater* (HE-01) untuk menaikkan tekanan dan memanaskan suhu bahan baku

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi

Material Konstruksi : *stainless steel*

Jenis Aliran : Turbulen

- Suhu : 80 °C
- Tekanan (P₁) : 1 atm
- Tekanan (P₂) : 2 atm

Spesifikasi Pompa

- Kapasitas : 5,5118 m³/jam
- Total panjang ekivalen : 32,4970 m
- Diameter optimum pompa : 1,4536 in
- Daya pompa : 1 Hp

Spesifikasi Pipa

- *Normal Pipe Size* (NPS) : 1,5 in

- *Schedule Number (Sch)* : 40
- *Outside Diameter (OD)* : 1,900 in
- *Inside Diameter (ID)* : 1,6100 in
- *Flow area per pipe (a'')* : 2,04 in²

4. Pompa-03

- Kode alat : P-03
- Fungsi : Mengalirkan CH₃OH sebanyak 2.225,3417 kg/jam dari kapal tangker menuju tangki penyimpanan (T-02)
- Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi

- Material Konstruksi : *carbon steel*
- Jenis Aliran : Turbulen
- Suhu : 30 °C
 - Tekanan (P₁) : 1 atm
 - Tekanan (P₂) : 1 atm

Spesifikasi Pompa

- Kapasitas : 3,3932 m³/jam
- Total panjang ekivalen : 38,5078 m
- Diameter optimum pompa : 1,0345 in
- Daya pompa : 1 Hp

Spesifikasi Pipa

- *Normal Pipe Size (NPS)* : 1,5 in
- *Schedule Number (Sch)* : 40
- *Outside Diameter (OD)* : 1,900 in
- *Inside Diameter (ID)* : 1,6100 in
- *Flow area per pipe (a'')* : 2,04 in²

5. Tangki Penyimpanan-02

- Kode Alat : T-02
- Fungsi : Menyimpan bahan baku berupa metanol dengan waktu tinggal 15 hari sebanyak 2.225,3417 kg/jam

Jenis : Tangki silinder vertikal (*Flanged Only Head*)

Kondisi Operasi

- Suhu : 30 °C
- Tekanan : 1 atm
- Waktu tinggal : 15 hari

Dimensi Tangki

- Diameter : 18,4290 m
- Tinggi : 9,2145 m
- Tebal *head* : 0,375 in
- Tebal *shell* : 0,1875 in

6. Pompa-04

Kode alat : P-04

Fungsi : Memompa metanol (CH₃OH) dari tangki penyimpanan (T-02) menuju *heater* (HE-01) untuk menaikkan tekanan dan memanaskan suhu bahan baku

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi

Material Konstruksi : *Carbon steel*

Jenis Aliran : Turbulen

- Suhu : 80 °C
- Tekanan (P₁) : 1 atm
- Tekanan (P₂) : 2 atm

Spesifikasi Pompa

- Kapasitas : 3,3932 m³/jam
- Total panjang ekivalen : 31,9969 m
- Diameter optimum pompa : 0,9975 in
- Daya pompa : 0,5 Hp

Spesifikasi Pipa

- *Normal Pipe Size* (NPS) : 1,5 in
- *Schedule Number* (Sch) : 40

- *Outside Diameter (OD)* : 1,900 in
- *Inside Diameter (ID)* : 1,6100 in
- *Flow area per pipe (a'')* : 2,04 in²

7. Pompa-05

- Kode alat : P-05
- Fungsi : Mengalirkan H₂SO₄ dari kapal tangker menuju tangki penyimpanan (T-03)
- Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi

- Material Konstruksi : *stainless steel*
- Jenis Aliran : Laminar
- Suhu : 30 °C
 - Tekanan (P₁) : 1 atm
 - Tekanan (P₂) : 1 atm

Spesifikasi Pompa

- Kapasitas : 3,0180 m³/jam
- Total panjang ekivalen : 24,6921 m
- Diameter optimum pompa : 1,1002 in
- Daya pompa : 0,5 Hp

Spesifikasi Pipa

- *Normal Pipe Size (NPS)* : 1 in
- *Schedule Number (Sch)* : 40
- *Outside Diameter (OD)* : 1,320 in
- *Inside Diameter (ID)* : 1,0490 in
- *Flow area per pipe (a'')* : 0,884 in²

8. Tangki Penyimpanan-03

- Kode Alat : T-03
- Fungsi : Menyimpan bahan baku berupa asam sulfat dengan waktu tinggal 30 hari sebanyak 0,7728 kg/hari
- Jenis : Tangki silinder vertikal (*Conical Flanged Head*)

Material : *Stainless Steel*

Kondisi Operasi

- Suhu : 30 °C
- Tekanan : 1 atm
- Waktu tinggal : 30 hari

Dimensi Tangki

- Diameter : 4,2675 m
- Tinggi : 2,1337 m
- Tebal *head* : 0,125 in
- Tebal *shell* : 0,1875 in

9. Pompa-06

Kode alat : P-06

Fungsi : Memompa asam sulfat (H₂SO₄) dari tangki penyimpanan (T-03) menuju reaktor (R-01)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi

Material Konstruksi : *stainless steel*

Jenis Aliran : Laminar

- Suhu : 80 °C
- Tekanan (P₁) : 1 atm
- Tekanan (P₂) : 2 atm

Spesifikasi Pompa

- Kapasitas : 3,0542 m³/jam
- Total panjang ekuivalen : 27,7187 m
- Diameter optimum pompa : 1,1044 in
- Daya pompa : 0,5 Hp

Spesifikasi Pipa

- *Normal Pipe Size* (NPS) : 1 in
- *Schedule Number* (Sch) : 40
- *Outside Diameter* (OD) : 1,320 in
- *Inside Diameter* (ID) : 1,0490 in
- *Flow area per pipe* (a'') : 0,884 in²

10. Heat Exchanger-01

Kode alat : HE-01
Fungsi : Memanaskan umpan bahan baku masuk reaktor (R-01) berupa $C_3H_4O_2$, CH_3OH , H_2O dan *recycle* dari menara distilasi (MD-01) berupa CH_3OH , $C_4H_6O_2$ dan H_2O menggunakan media pemanas berupa *steam* jenuh pada suhu $120^\circ C$

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Kondisi Operasi

- Suhu masuk (t_1) : $38,46^\circ C$
- Suhu keluar (t_2) : $80^\circ C$
- Tekanan : 2 atm
Beban panas (Q_t) : $905.435,1605 \text{ kJ/jam}$

Material konstruksi : *Stainless Steel*

Luas tranfer panas (A) : $2,5314 \text{ m}^2$

Media Pemanas

- Jenis : *Steam* jenuh
- Suhu air masuk (T_1) : $120^\circ C$
- Suhu air keluar (T_2) : $120^\circ C$
- Massa pemanas : $411,1690 \text{ kg/jam}$

Dimensi Alat

- Panjang pipa (L) : 20 ft
- Jumlah hairpin (N_h) : 3 buah

Inner Pipe

- *Normal Pipe Size (NPS)* : 1,25 in
- *Schedule number* : 40
- *Outside Diameter (OD)* : 1,66 in
- *Inside Diameter (ID)* : 1,38 in
- *Flow Area (ao)* : $1,5 \text{ in}^2$
- *Inside surface area (Ai)* : $0,362 \text{ ft}^2/\text{ft}$
- *Outside surface area (Ao)* : $0,435 \text{ ft}^2/\text{ft}$

Annulus Pipe

- *Normal Pipe Size (NPS)* : 2,5 in
- *Schedule number* : 40
- *Outside Diameter (OD)* : 2,88 in
- *Inside Diameter (ID)* : 2,469 in
- *Flow Area (ao)* : 4,79 in²
- *Inside surface area (Ai)* : 0,647 ft²/ft
- *Outside surface area (Ao)* : 0,753 ft²/ft

Pressue Drop

- Annulus Pipe : 0,0447 Psi
- Inner Pipe : 1,1810 Psi

11. Reaktor-01

- Kode : R-01
- Jenis : *Continous Stirred Tank Reactor (CSTR)*
- Fungsi : Tempat terjadinya reaksi antara asam akrilat dan metanol
- Bahan Konstruksi : *Stainless Stell SA-240 Grade M Tipe. 316*
- Waktu tinggal : 51,4970 menit

Kondisi Operasi

- Suhu : 80 °C
- Tekanan : 2 atm
- Waktu tinggal : 51,4790 menit
- Konversi : 80,1380 %

Dimensi Reaktor

- Diameter dalam (ID) : 2,2733 m
- Diameter luar (OD) : 2,2860 m
- Tinggi *head* : 0,4710 m
- Tinggi *shell* : 2,4772 m
- Tinggi total : 4,1562 m
- Tebal *head* : 0,3750 in
- Tebal *shell* : 0,2500 in

Pengaduk Reaktor

- Jenis : *Flat Blade Turbine*

Jumlah	: 2
Diameter pengaduk (Da)	: 0,7578 m
Panjang pengaduk (L)	: 0,5683 m
Tinggi tiang pengaduk (T)	: 1,2882 m
Lebar <i>baffle</i> (j)	: 0,1894 m
Lebar pengaduk (w)	: 0,2525 m
Jarak pengaduk (E)	: 0,9850 m
Kecepatan putar pengaduk	: 1,667 rps
Power pengaduk	: 5 HP

Pendingin Reaktor

Jenis	: Jacket Pendingin
Media pendingin	: Air
Kebutuhan air	: 228,6720 ft ³ /jam
Suhu masuk	: 35 °C
Suhu keluar	: 50 °C
Tinggi jaket pendingin	: 2,4772 m
Tebal jaket pendingin	: 1/4 in
Luas transfer panas	: 91,8025 ft ²
Luas selimut reaktor	: 246,9631 ft ²

Dimensi Pipa Input dan Output

- **Dimensi Pipa Asam Akrilat Arus 3**

<i>Nominal Pipe Size</i> (NPS)	: 2,5 in
	: 0,0635 m
<i>Schedule Number</i> (Sch)	: 40
<i>Outside Diameter</i> (OD)	: 2,88 in
<i>Inside Diameter</i> (ID)	: 2,46 in

- **Dimensi Pipa Metanol Arus 4**

<i>Nominal Pipe Size</i> (NPS)	: 2 in
	: 0,0508 m
<i>Schedule Number</i> (Sch)	: 40
<i>Outside Diameter</i> (OD)	: 2,38 in
<i>Inside Diameter</i> (ID)	: 2,07 in

- **Dimensi Pipa Katalis Asam Sulfat Arus 2**

Nominal Pipe Size (NPS) : 0,33 in
: 0,00838 m

Schedule Number (Sch) : 40

Outside Diameter (OD) : 0,405 in

Inside Diameter (ID) : 0,269 in

- **Dimensi Pipa Recycle Arus 25**

Nominal Pipe Size (NPS) : 0,75 in
: 0,01905 m

Schedule Number (Sch) : 40

Outside Diameter (OD) : 1,25 in

Inside Diameter (ID) : 1,06 in

- **Dimensi Pipa Keluaran Arus 7**

Nominal Pipe Size (NPS) : 4 in
: 0,1016 m

Schedule Number (Sch) : 40

Outside Diameter (OD) : 4,5 in

Inside Diameter (ID) : 4,026 in

- **Dimensi Pipa Masuk Umpan Jacket Pendingin Reaktor**

Nominal Pipe Size (NPS) : 2,5 in
: 0,0635 m

Schedule Number (Sch) : 40

Outside Diameter (OD) : 2,88 in

Inside Diameter (ID) : 2,469 in

12. Pompa-07

Kode alat : P-07

Fungsi : Memompa dan mengalirkan hasil reaksi dari reaktor (R-01) menuju reaktor (R-02)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi

Material Konstruksi : *stainless steel*

Jenis Aliran : Turbulen

- Suhu : 80 °C
- Tekanan (P₁) : 2 atm
- Tekanan (P₂) : 2 atm

Spesifikasi Pompa

- Kapasitas : 2,4585 m³/jam
- Total panjang ekivalen : 31,9969 m
- Diameter optimum pompa : 1,3396 in
- Daya pompa : 0,5 Hp

Spesifikasi Pipa

- *Normal Pipe Size* (NPS) : 1,5 in
- *Schedule Number* (Sch) : 40
- *Outside Diameter* (OD) : 1,900 in
- *Inside Diameter* (ID) : 1,6100 in
- *Flow area per pipe* (a'') : 2,04 in²

13. Reaktor-02

- Kode : R-02
- Jenis : *Continous Stirred Tank Reactor* (CSTR)
- Fungsi : Tempat terjadinya reaksi antara asam akrilat dan metanol
- Bahan Konstruksi : *Stainless Stell* SA-240 Grade M Tipe. 316
- Waktu tinggal : 51,4970 menit

Kondisi Operasi

- Suhu : 80 °C
- Tekanan : 2 atm
- Waktu tinggal : 51,4790 menit
- Konversi : 95,600 %

Dimensi Reaktor

- Diameter dalam (ID) : 2,2733 m
- Diameter luar (OD) : 2,2860 m
- Tinggi *head* : 0,4710 m
- Tinggi *shell* : 2,4772 m
- Tinggi total : 4,1562 m
- Tebal *head* : 0,3750 in

Tebal *shell* : 0,2500 in

Pengaduk Reaktor

Jenis : *Flat Blade Turbine*

Jumlah : 2

Diameter pengaduk (D_a) : 0,7578 m

Panjang pengaduk (L) : 0,5683 m

Tinggi tiang pengaduk (T) : 1,2882 m

Lebar *baffle* (j) : 0,1894 m

Lebar pengaduk (w) : 0,2525 m

Jarak pengaduk (E) : 0,9850 m

Kecepatan putar pengaduk : 1,667 rps

Power pengaduk : 5 HP

Pendingin Reaktor

Jenis : Jaket Pendingin

Media pendingin : Air

Kebutuhan air : 248,1316 ft³/jam

Suhu masuk : 35 °C

Suhu keluar : 50 °C

Tinggi jaket pendingin : 2,4772 m

Tebal jaket pendingin : ¼ in

Luas transfer panas : 99,6104 ft²

Luas selimut 45eactor : 246,9631 ft²

Dimensi Pipa Input dan Output

• Dimensi Pipa Input Arus 7 Keluaran R-01

Nominal Pipe Size (NPS) : 4 in
: 0,1016 m

Schedule Number (Sch) : 40

Outside Diameter (OD) : 4,5 in

Inside Diameter (ID) : 4,026 in

• Dimensi Pipa Keluaran Arus 8

Nominal Pipe Size (NPS) : 4 in
: 0,1016 m

<i>Schedule Number (Sch)</i>	: 40
<i>Outside Diameter (OD)</i>	: 4,5 in
<i>Inside Diameter (ID)</i>	: 4,026 in

14. Pompa-08

Kode alat	: P-08
Fungsi	: Memompa dan mengalirkan hasil reaksi dari 46actor (R-02) menuju 46actor (R-03)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>

Kondisi Operasi

Material Konstruksi	: <i>stainless steel</i>
Jenis Aliran	: Turbulen
- Suhu	: 80 °C
- Tekanan (P ₁)	: 2 atm
- Tekanan (P ₂)	: 2 atm

Spesifikasi Pompa

- Kapasitas	: 1,5365 m ³ /jam
- Total Panjang Ekuivalen	: 29,9969 m
- Diameter optimum pompa	: 1,0842 in
- Daya pompa	: 0,5 Hp

Spesifikasi Pipa

- <i>Normal Pipe Size (NPS)</i>	: 1,5 in
- <i>Schedule Number (Sch)</i>	: 40
- <i>Outside Diameter (OD)</i>	: 1,900 in
- <i>Inside Diameter (ID)</i>	: 1,6100 in
- <i>Flow area per pipe (a'')</i>	: 2,04 in ²

15. Reaktor-03

Kode	: R-03
Jenis	: <i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>
Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi antara asam akrilat dan metanol
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-240 Grade M Tipe. 316</i>
Waktu tinggal	: 51,4970 menit

Kondisi Operasi

Suhu	: 80 °C
Tekanan	: 2 atm
Waktu tinggal	: 51,4790 menit
Konversi	: 99,000 %

Dimensi Reaktor

Diameter dalam (ID)	: 2,2733 m
Diameter luar (OD)	: 2,2860 m
Tinggi <i>head</i>	: 0,4710 m
Tinggi <i>shell</i>	: 2,4772 m
Tinggi total	: 4,1562 m
Tebal <i>head</i>	: 0,3750 in
Tebal <i>shell</i>	: 0,2500 in

Pengaduk Reaktor

Jenis	: <i>Flat Blade Turbine</i>
Jumlah	: 2
Diameter pengaduk (Da)	: 0,7578 m
Panjang pengaduk (L)	: 0,5683 m
Tinggi tiang pengaduk (T)	: 1,2882 m
Lebar <i>baffle</i> (j)	: 0,1894 m
Lebar pengaduk (w)	: 0,2525 m
Jarak pengaduk €	: 0,9850 m
Kecepatan putar pengaduk	: 1,667 rps
Power pengaduk	: 5 HP

Pendingin Reaktor

Jenis	: Jaket Pendingin
Media pendingin	: Air
Kebutuhan air	: 344,8789 ft ³ /jam
Suhu masuk	: 35 °C
Suhu keluar	: 50 °C
Tinggi jaket pendingin	: 2,4772 m
Tebal jaket pendingin	: ¼ in

Luas transfer panas : 138,4488 ft²
Luas selimut reactor : 246,9631 ft²

Dimensi Pipa Input dan Output

• Dimensi Pipa Input Arus 8 Keluaran R-02

Nominal Pipe Size (NPS) : 4 in
: 0,1016 m
Schedule Number (Sch) : 40
Outside Diameter (OD) : 4,5 in
Inside Diameter (ID) : 4,026 in

• Dimensi Pipa Output Arus 9

Nominal Pipe Size (NPS) : 4 in
: 0,1016 m
Schedule Number (Sch) : 40
Outside Diameter (OD) : 4,5 in
Inside Diameter (ID) : 4,026 in

16. Pompa-09

Kode alat : P-09
Fungsi : Memompa dan mengalirkan hasil reaksi dari reaktor (R-03) menuju menara distilasi (MD-01)
Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi

Material Konstruksi : *stainless Steel*
Jenis Aliran : Turbulen
- Suhu : 80 °C
- Tekanan (P₁) : 2 atm
- Tekanan (P₂) : 1 atm

Spesifikasi Pompa

- Kapasitas : 1,5426 m³/jam
- Total panjang ekivalen : 35,8407 m
- Diameter Optimum Pompa : 1,0861 in
- Daya pompa : 0,5 Hp

Spesifikasi Pipa

- *Normal Pipe Size (NPS)* : 1,5 in
- *Schedule Number (Sch)* : 40
- *Outside Diameter (OD)* : 1,900 in
- *Inside Diameter (ID)* : 1,6100 in
- *Flow area per pipe (a'')* : 2,04 in²

17. Menara Distilasi-01

- Kode : MD-01
- Fungsi : Memisahkan metanol dari sedikit metil akrilat dan air
- Jenis : *Sieve Tray Distillation Column*
- Kapasitas : 9.797,2079 kg/jam

Kondisi operasi

- Umpan : 80°C dan 1 atm
- Atas : 66,47°C dan 1 atm
- Bawah : 90,39°C dan 1 atm
- Bahan : *stainless steel*
- Jumlah *plate* : 38 *plate*
- Plate spacing* : 0,3 meter
- Feed* masuk : stage ke 25 dari atas
- ID *shell* : 1,7648 meter
- Tinggi *shell* : 11,45 meter
- Tinggi *head* : 0,3369 meter
- Tebal isolator : 0,0328 meter
- Tinggi total : 14,12 meter

Ukuran diameter pipa

- Pipa umpan : 0,0422 meter
- Pipa hasil atas : 0,0483 meter
- Pipa hasil bawah : 0,0732 meter
- Pipa refluks atas : 0,0422 meter
- Pipa refluks bawah : 0,0732 meter

18. Reboiler-01

Kode : RB-01
Fungsi : Menguapkan sebagian hasil bawah Menara Distilasi (MD – 01) menuju masukan uap Menara Distilasi (MD – 01) berupa $C_3H_4O_2$, CH_3OH , $C_4H_6O_2$, H_2O , dan H_2SO_4 menggunakan media pemanas steam jenuh.

Jenis : *Shell and Tube Kettle Reboiler*

Kondisi Operasi :

Tekanan : 1 atm
Suhu masuk (t_1) : 90,40 °C
Suhu keluar (t_2) : 90,39 °C
Luas transfer panas (A) : 63,25 m²

Media Pemanas :

Jenis : *steam jenuh*
Suhu air masuk (T_1) : 120 °C
Suhu air keluar (T_2) : 120 °C
Massa *steam* : 1.738,21 kg/jam

Koefisien Perpindahan Panas :

U_c : 7,0101 kJ/m².s.K
 U_d : 1,4575 kJ/m².s.K
 h_o : 15,1823 kJ/m².s.K
 h_{io} : 8,2718 kJ/m².s.K

Dimensi Alat :

OD *tube* : 0,0191 m
ID *tube* : 0,0161 m
Nt : 316 buah
Panjang *Tube* (L) : 4,8768 m
Susunan Pipa : 0,0254 m (*Triangular Pitch*)
ID *shell* : 0,5398 m
Pass : 1 shell 2 tube

Penurunan Tekanan (ΔP) :

Tube

- ΔP_t : 0,0076 psi
- $\Delta P_{t \max}$: 0,067 psi

Shell

- ΔP_s : - psi
- $\Delta P_{s \max}$: 10 psi

19. Condensor-01

Kode : CD-01

Fungsi : Mengembunkan uap yang keluar dari puncak Menara Distilasi 1 (MD-01) dengan suhu 66,47 °C dengan media pendingin air dari suhu 30 °C dan keluar pada suhu 50 °C dengan kecepatan umpan sebesar 2.124,5222 kg/jam

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Kondisi Operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu masuk (T_1) : 66,47 °C

Suhu keluar (T_2) : 65,09 °C

Luas transfer panas (A) : 22,44 m²

Media Pendingin :

Jenis : Air

Suhu air masuk (t_1) : 30 °C

Suhu air keluar (t_2) : 50 °C

Massa pendingin : 10.054,12 kg/jam

Koefisien Perpindahan Panas :

U_c : 6,3487 kj/m².s.K

U_d : 1,3453 kj/m².s.K

h_o : 10,2173 kj/m².s.K

h_{io} : 16,7678 kj/m².s.K

Dimensi Alat :

OD <i>tube</i>	: 0,0191 m
ID <i>tube</i>	: 0,0161 m
Nt	: 138 buah
Panjang <i>Tube</i> (L)	: 3,6576 m
Susunan Pipa	: 0,0254 m (<i>Triangular Pitch</i>)
ID <i>shell</i>	: 0,3873 m
Pass	: 1 shell 2 tube

Penurunan Tekanan (ΔP) :

<i>Tube</i>	
- ΔP_t	: 0,91 psi
- ΔP_r	: 0,05 psi
- $\Delta P_{T\ Total}$: 0,86 psi
<i>Shell</i>	
- ΔP_s	: 5,66 psi

20. Accumulator-01

Kode	: AAC-01
Fungsi	: Menampung hasil embunan berupa CH_4O , $C_4H_6O_2$, dan H_2O dari kondensator (CD-01) sebelum diumpungkan ke dalam reaktor (R-01) sebagai <i>recycle</i>
Jenis	: Tangki <i>silinder horizontal</i>

Kondisi Operasi

Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 65,09 °C

Dimensi Alat

Bahan konstruksi	: Stainless Steel SA 178 Grade C
Volume cairan	: 1,7745 m ³
Volume tangki	: 2,1294 m ³
Diameter	: 0,4064 m
Panjang	: 1,0646 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,00476 m

Tebal *head* : 0,00476 m

Dimensi Pipa Input dan Output

o Dimensi Pipa Input

Nominal Pipe Size (NPS) : 2,5 in

Schedule Number (Sch) : 40

Outside Diameter (OD) : 2,88 in

Inside Diameter (ID) : 2,469 in

o Dimensi Pipa Output

Nominal Pipe Size (NPS) : 2,5 in

Schedule Number (Sch) : 40

Outside Diameter (OD) : 2,88 in

Inside Diameter (ID) : 2,469 in

21. Pompa-10

Kode alat : P-10

Fungsi : Memompa metanol (CH_3OH) sedikit air (H_2O) dan metil akrilat ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$) dari akumulator (ACC-01) menuju menara distilasi (MD-01) sebagai reflux dan *recycle* metanol menuju reaktor (R-01)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi

Material Konstruksi : *Carbon Steel*

Jenis Aliran : Turbulen

Suhu : 65,09 °C

Tekanan (P_1) : 1 atm

Tekanan (P_2) : 2 atm

Spesifikasi Pompa

Kapasitas : 2,1161 m³/jam

Total Panjang Ekuivalen : 39,0063 m

Diameter Optimum Pompa : 1,168 in

Daya Pompa : 1 HP

Spesifikasi Pipa

<i>Nominal Pipe Size (NPS)</i>	: 1,25 in
<i>Schedule Number (Sch)</i>	: 40
<i>Outside Diameter (OD)</i>	: 1,660 in
<i>Inside Diameter (ID)</i>	: 1,380 in
<i>Surface Area Inside</i>	: 0,362 in ²

22. Pompa-11

Kode alat	: P-11
Fungsi	: Memompa dan mengalirkan hasil bawah reboiler (RB-01) menuju menara distilasi (MD-02)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi

Material Konstruksi	: <i>stainless Steel</i>
Jenis Aliran	: Turbulen
Suhu	: 90,39 °C
Tekanan (P ₁)	: 1 atm
Tekanan (P ₂)	: 1 atm

Spesifikasi Pompa

Kapasitas	: 9,4567 m ³ /jam
Total Panjang Ekuivalen	: 32,6918 m
Diameter Optimum Pompa	: 2,282 in
Daya Pompa	: 1 HP

Spesifikasi Pipa

<i>Nominal Pipe Size (NPS)</i>	: 2,5 in
<i>Schedule Number (Sch)</i>	: 40
<i>Outside Diameter (OD)</i>	: 2,880 in
<i>Inside Diameter (ID)</i>	: 2,469 in
<i>Surface Area Inside</i>	: 0,647 in ²

23. Menara Distilasi-02

Kode	: MD-02
Fungsi	: Memisahkan metil akrilat dari air dan sedikit metanol
Jenis	: <i>Sieve Tray Distillation Column</i>
Kapasitas	: 7.672,6857 kg/jam

Kondisi operasi

Umpan	: 90,39°C dan 1 atm
Atas	: 82,42°C dan 1 atm
Bawah	: 100,72°C dan 1 atm
Bahan	: <i>stainless steel</i>
Jumlah <i>plate</i>	: 29 <i>plate</i>
<i>Plate spacing</i>	: 0,3 meter
<i>Feed</i> masuk	: stage ke 12 dari atas
ID <i>shell</i>	: 1,8394 meter
Tinggi <i>shell</i>	: 8,59 meter
Tinggi <i>head</i>	: 0,3438 meter
Tebal isolator	: 0,0456 meter
Tinggi total	: 11,27 meter

Ukuran diameter pipa

Pipa umpan	: 0,0422 meter
Pipa hasil atas	: 0,0605 meter
Pipa hasil bawah	: 0,0422 meter
Pipa refluks atas	: 0,0605 meter
Pipa refluks bawah	: 0,0335 meter

24. Reboiler-02

Kode	: RB-02
Fungsi	: Menguapkan sebagian hasil bawah Menara Distilasi (MD – 02) menuju masukan uap Menara Distilasi (MD – 02) berupa C ₃ H ₄ O ₂ ,

CH₃OH, C₄H₆O₂, H₂O, dan H₂SO₄
menggunakan media pemanas steam jenuh.

Jenis : *Shell and Tube Kettle Reboiler*

Kondisi Operasi :

Tekanan : 1 atm
Suhu masuk (*t*₁) : 100,71 °C
Suhu keluar (*t*₂) : 100,72 °C
Luas transfer panas (*A*) : 54,74 m²

Media Pemanas :

Jenis : *steam jenuh*
Suhu air masuk (*T*₁) : 120 °C
Suhu air keluar (*T*₂) : 120 °C
Massa *steam* : 979,90 kg/jam

Koefisien Perpindahan Panas :

*U*_c : 6,8702 kJ/m².s.K
*U*_d : 1,1937 kJ/m².s.K
*h*_o : 32,4916 kJ/m².s.K
*h*_{io} : 8,3718 kJ/m².s.K

Dimensi Alat :

OD *tube* : 0,0191 m
ID *tube* : 0,0157 m
N_t : 224 buah
Panjang *Tube* (*L*) : 4,8758 m
Susunan Pipa : 0,0238 m (*Triangular Pitch*)
ID *shell* : 0,4382 m
Pass : 1 shell 2 tube

Penurunan Tekanan (ΔP) :

Tube
- Δ*P*_{*t*} : 0,0036 psi
- Δ*P*_{*t max*} : 0,067 psi
Shell
- Δ*P*_{*s*} : - psi

- $\Delta P_{s \max}$: 10 psi

25. Condensor-02

Kode : CD-02

Fungsi : Mengembunkan uap yang keluar dari puncak Menara Distilasi 2 (MD-02) dengan suhu 82,42 °C dengan media pendingin air dari suhu 30 °C dan keluar pada suhu 50 °C dengan kecepatan umpan sebesar 5.681,8182 kg/jam

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Kondisi Operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu masuk (T_1) : 82,42 °C

Suhu keluar (T_2) : 80,92 °C

Luas transfer panas (A) : 36,97 m²

Media Pendingin :

Jenis : Air

Suhu air masuk (t_1) : 30 °C

Suhu air keluar (t_2) : 50 °C

Massa pendingin : 27.700,41 kg/jam

Koefisien Perpindahan Panas :

U_c : 5,0404 kJ/m².s.K

U_d : 1,1995 kJ/m².s.K

h_o : 6,7306 kJ/m².s.K

h_{io} : 20,0719 kJ/m².s.K

Dimensi Alat :

OD *tube* : 0,0254 m

ID *tube* : 0,0225 m

Nt : 151 buah

Panjang *Tube* (L) : 3,6576 m

Susunan Pipa : 0,0317 m (*Triangular Pitch*)

ID *shell* : 0,4889 m

Pass : 1 shell 2 tube

Penurunan Tekanan (ΔP) :

Tube

- ΔP_t : 1,14 psi

- ΔP_r : 0,09 psi

- $\Delta P_{T\ Total}$: 1,22 psi

Shell

- ΔP_s : 0,19 psi

26. Accumulator-02

Kode : AAC-02

Fungsi : Menampung hasil embunan berupa CH_4O , $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$, dan H_2O dari condensor (CD-02) sebelum diumpankan menuju tangki penyimpanan produk (T-04)

Jenis : Tangki *silinder horizontal*

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 80,92 °C

Dimensi Alat

Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 178 Grade C

Volume cairan : 2,4436 m³

Volume tangki : 2,9324 m³

Diameter : 1,2192 m

Panjang : 2,9611 m

Tebal *shell* : 0,00476 m

Tebal *head* : 0,00476 m

Dimensi Pipa Input dan Output

o Dimensi Pipa Input

Nominal Pipe Size (NPS) : 4 in

Schedule Number (Sch) : 40

Outside Diameter (OD) : 4,50 in

Inside Diameter (ID) : 4,026 in

- Dimensi Pipa Output
 - Nominal Pipe Size (NPS)* : 4 in
 - Schedule Number (Sch)* : 40
 - Outside Diameter (OD)* : 4,50 in
 - Inside Diameter (ID)* : 4,026 in

27. Pompa-12

- Kode alat : P-12
- Fungsi : Memompa dan mengalirkan metil akrilat ($C_4H_6O_2$) dari akumulator (ACC-02) menuju tangki penyimpanan (T-04) serta sebagai reflux menuju menara distilasi (MD-02)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi

- Material Konstruksi : *Carbon Steel*
- Jenis Aliran : Turbulen
- Suhu : 80,92 °C
- Tekanan (P_1) : 1 atm
- Tekanan (P_2) : 1 atm

Spesifikasi Pompa

- Kapasitas : 6,9212 m³/jam
- Total Panjang Ekuivalen : 35,3231 m
- Diameter Optimum Pompa : 1,986 in
- Daya Pompa : 1 HP

Spesifikasi Pipa

- *Nominal Pipe Size (NPS)* : 2 in
- *Schedule Number (Sch)* : 40
- *Outside Diameter (OD)* : 2,380 in
- *Inside Diameter (ID)* : 2,067 in
- *Surface Area Inside* : 0,542 in²

28. Heat Exchanger-03

Kode : HE-03

Fungsi : Mendinginkan sebagian produk hasil dari embunan Condensor (CD-02) berupa CH_3OH , $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$, dan H_2O sebelum diumpungkan kedalam Tangki Penyimpanan (T-04) dari suhu $80,92^\circ\text{C}$ hingga 35°C menggunakan media pendingin air

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu Masuk : $80,92^\circ\text{C}$

Suhu Keluar : 35°C

Beban Panas (Qt) : 512.365,6412 kJ/jam

Luas Perpindahan Panas (A) : $24,47\text{ m}^2$

Media Pendingin

Jenis : Air

Suhu Air Masuk : 30°C

Suhu Air Keluar : 50°C

Massa Pendingin : 6.130,2422 kg/jam

Koefisien Perpindahan Panas

U_c : $3,65\text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{K}$

U_d : $1,23\text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{K}$

h_o : $8,36\text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{K}$

h_{io} : $6,48\text{ kJ/m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{K}$

Dimensi Alat

OD tube : 0,0191 m

ID tube : 0,0161 m

Nt : 138 buah

Panjang Tube (L) : 3,6576 m

Susunan Pipa : 0,0254 m (*Triangular Pitch*)

ID shell : 0,3874 m

Pass : 1 shell 2 tube

Penurunan Tekanan (ΔP)

Tube

- ΔP_t : 0,052 psi

Shell

- ΔP_s : - psi

29. Tangki Penyimpanan-04

Kode Alat : T-04

Fungsi : Menyimpan bahan baku berupa metil akrilat dengan waktu tinggal 30 hari sebanyak 5.681,8182 kg/jam

Jenis : Tangki silinder vertikal (*Flanged Only Head*)

Kondisi Operasi

- Suhu : 30 °C
- Tekanan : 1 atm
- Waktu tinggal : 30 hari

Dimensi Tangki

- Diameter : 29,6881 m
- Tinggi : 14,8440 m
- Tebal *head* : 0,375 in
- Tebal *shell* : 0,1875 in

30. Pompa-13

Kode alat : P-13

Fungsi : Memompa dan mengalirkan hasil bawah reboiler (RB-01) menuju evaporator (EVP-01)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi

Material Konstruksi : *stainless Steel*

Jenis Aliran : Turbulen

- Suhu : 100,72 °C

- Tekanan (P_1) : 1 atm
- Tekanan (P_2) : 1 atm

Spesifikasi Pompa

- Kapasitas : 9,5820 m³/jam
- Total Panjang Ekuivalen : 26,4968 m
- Diameter Optimum Pompa : 2,291 in
- Daya Pompa : 1 HP

Spesifikasi Pipa

- *Nominal Pipe Size* (NPS) : 2,5 in
- *Schedule Number* (Sch) : 40
- *Outside Diameter* (OD) : 2,880 in
- *Inside Diameter* (ID) : 2,469 in
- *Surface Area Inside* : 0,647 in²

31. Evaporator-01

- Kode : EVP-01
- Fungsi : Menguapkan air dengan kecepatan masuk umpan sebesar 1.990,8675 kg/jam
- Jenis : *Long Tube Vertical Evaporator*
- Tipe : *Single Effect*

Kondisi operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 100,72 °C
- Bahan Konstruksi : *Stainless Steell*
- Aliran *Fluida* Dingin : Arus *Bottom* Keluaran Menara Distilasi 2 (MD-02)
- Aliran *Fluida* Panas : *Steam*
- Jumlah Lewatan : 1 *Shell*, 2 *Tube*
- Tipe *Pitch* : *Triangular pitch*
- Luas Transfer Panas : 137,6897 m²
- Pressure Drop* : 1,01×10⁻⁶ psi

Section bawah

Diameter Evaporator	: 1,2192 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>Bottom</i>	: 0,25 in
Jumlah <i>Tube</i>	: 472 buah
Panjang <i>Tube</i>	: 3,6576 m
Tinggi Evaporator	: 3,9459 m

Section atas

Diameter Evaporator	: 2,4384 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>Head</i>	: 0,25 in
Tinggi <i>Head</i>	: 0,4947 m
Tinggi Evaporator	: 2,9331 m

32. Pompa-14

Kode alat	: P-14
Fungsi	: Memompa hasil bawah evaporator sebagai recycle menuju ke reaktor (R-01)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>

Kondisi Operasi

Material Konstruksi	: <i>stainless Steel</i>
Jenis Aliran	: Turbulen
- Suhu	: 121,57 °C
- Tekanan (P ₁)	: 1 atm
- Tekanan (P ₂)	: 2 atm

Spesifikasi Pompa

- Kapasitas	: 1,1182 m ³ /jam
- Total Panjang Ekuivalen	: 32,4338 m
- Diameter Optimum Pompa	: 0,835 in
- Daya Pompa	: 0,5 HP

Spesifikasi Pipa

- <i>Nominal Pipe Size</i> (NPS)	: 1 in
- <i>Schedule Number</i> (Sch)	: 40

- *Outside Diameter (OD)* : 1,320 in
- *Inside Diameter (ID)* : 1,049 in
- *Surface Area Inside* : 0,274 in²

33. *Heat Exchanger-04*

Kode : HE-04

Fungsi : Mendinginkan hasil bawah evaporator (EVP-01) berupa C₃H₄O₂, H₂O, dan H₂SO₄ sebelum diumpankan kedalam reaktor (R-01) dari suhu 121,57 °C hingga 80 °C menggunakan media pendingin air

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Kondisi Operasi

Tekanan : 2 atm

Suhu Masuk : 121,57 °C

Suhu Keluar : 80 °C

Beban Panas (Qt) : 56.484,6681 kJ/jam

Luas Perpindahan Panas (A) : 0,93 m²

Media Pendingin

Jenis : Air

Suhu Air Masuk : 30 °C

Suhu Air Keluar : 50 °C

Massa Pendingin : 675,8156 kg/jam

Dimensi Alat

Panjang Pipa (L) : 16 ft

Jumlah Hairpin (Nh) : 1 buah

Inner Pipe

Nominal Pipe Size (NPS) : 2 in

Schedule Number : 40

Outside Diameter (OD) : 2,38 in

Inside Diameter (ID) : 2,067 in

Flow area (ao) : 3,35 in²

Inside Surface area (Ai) : 0,542 ft²/ft

Outside surface area (Ao) : 0,622 ft²/ft
Weight per in (ft) : 3,66

Annulus

Nominal Pipe Size (NPS) : 3 in
Schedule Number : 40
Outside Diameter (OD) : 3,5 in
Inside Diameter (ID) : 3,058 in
Flow area (ao) : 7,38 in²
Inside Surface area (Ai) : 0,804 ft²/ft
Outside surface area (Ao) : 0,917 ft²/ft
Weight per in (ft) : 7,58

Pressure Drop

Annulus Pipe : 0,37 psi
Inner Pipe : 0,13 psi

