

BAB III

PERANCANGAN PROSES

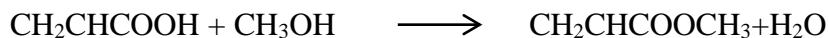
3.1 Uraian Proses

3.1.1 Dasar Reaksi

Proses pembuatan *Methyl Acrylate* ($\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$) ini berlangsung didalam reactor alir tangki berpengaduk (RATB) pada suhu 55°C dan tekanan 1 atm dengan bantuan katalis asam sulfat (H_2SO_4).

Reaksi antara asam akrilat ($\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$) dengan methanol (CH_3OH) adalah suatu reaksi substitusi gugus radikal organic dengan ion hydrogen berasal dari asam. Dengan putusnya ikatan karbonil oksigen atau ikatan alkil oksigen,maka terbentuklah air.

Reaksi :



3.1.2 Mekanisme Reaksi

Proses pembuatan *Methyl Acrylate* dengan proses esterifikasi dilakukan dalam reactor alir tangki berpengaduk. Di dalam reactor terjadi reaksi esterifikasi suatu asam karboksilat berlangsung melalui proses protonasi dan deprotonasi. Oksigen karbonil diprotonasi,alkohol nukleofilik menyerang karbon positif,dan eliminasi air akan menghasilkan ester yang dimaksud

$$\begin{aligned}
 \text{Total } \Delta G^0 \text{ r}_{298\text{K}} &= \Delta H^0 f \text{ produk} - \Delta H^0 f \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta H^0 f \text{ MA} + \Delta H^0 f \text{ air}) - (\Delta H^0 f \text{ AA} + \Delta H^0 f \text{ M}) \\
 &= (-257,32 + (-241,814)) - (-323,5 + -200,94) \\
 &= -37,350 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

$$\ln \frac{K}{K_0} = \frac{-\Delta H_{298}}{R} x \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right] \dots \dots \dots \quad (5)$$

(Smith VanNess, 1987)

Dengan : K_0 = konstanta kesetimbangan pada suhu 298 K
 K = konstanta kesetimbangan pada suhu tertentu
 T = temperatur tertentu

ΔH_{298} = panas reaksi standar pada 298 K

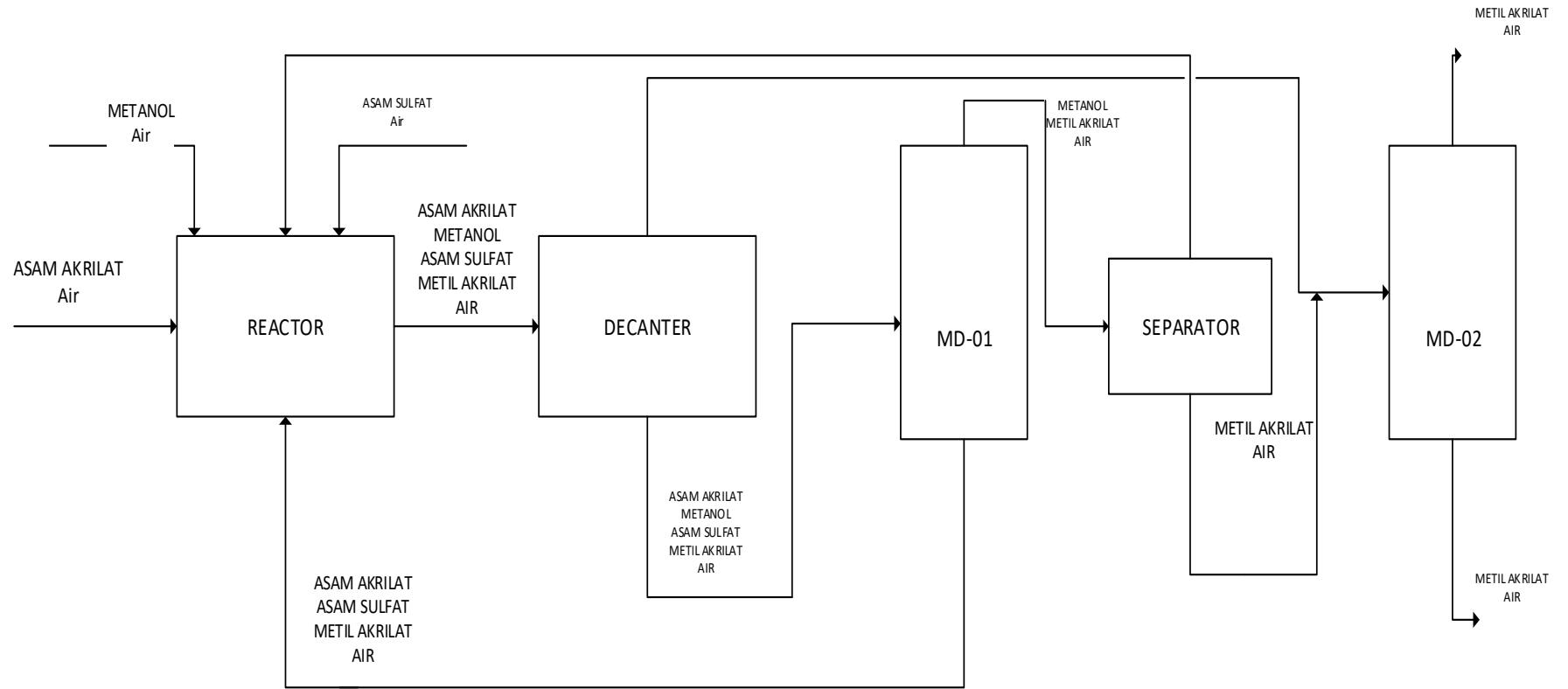
Sedangkan harga $\Delta H^0 f$ masing – masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Harga $\Delta H^0 f$ Masing-Masing Komponen

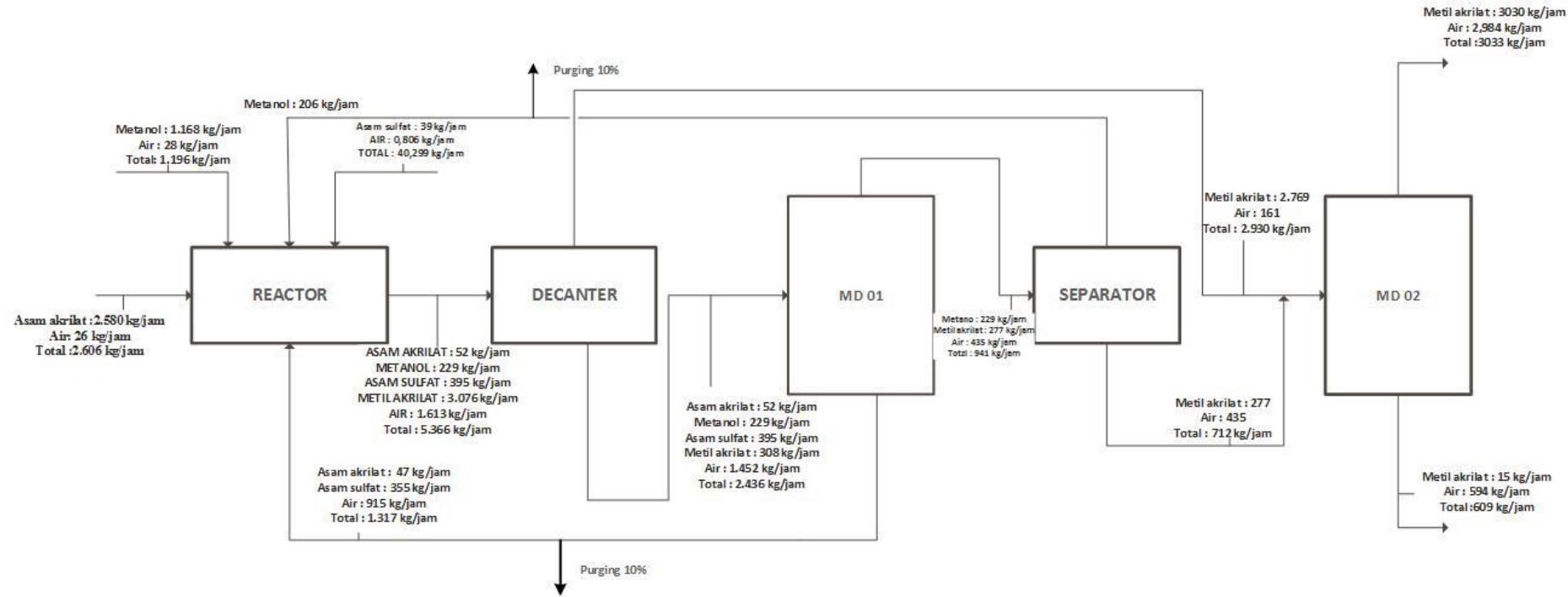
Komponen	harga $\Delta G^0 f$ (kj/mol)
Asam akrilat (AA)	-355,91
Methanol (M)	-200,94
<i>Methyl Acrylate</i> (MA)	-333
Air	-241,814

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}
 \text{Total } \Delta G^0 \text{ r}_{298\text{K}} &= \Delta H^0 f \text{ produk} - \Delta H^0 f \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta H^0 f \text{ MA} + \Delta H^0 f \text{ air}) - (\Delta H^0 f \text{ AA} + \Delta H^0 f \text{ M}) \\
 &= (-333 + (-241,814)) - (-355,91 + -200,94)
 \end{aligned}$$



Gambar 3.1. Diagram Alir Proses



Gambar 3.2. Diagram Alir Kuantitatif

3.2.2 Tahapan Proses

Secara umum proses pembuatan *Methyl Acrylated* dari *Acrylic Acid* dan *Methanol* dapat dibagi menjadi tiga :

1. Unit Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa asam akrilat (CH_2CHCOOH) dari tangki penyimpanan asam akrilat, methanol (CH_3OH) dari tangki penyimpanan methanol pada kondisi suhu 30°C dan 1 atm serta asam sulfat (H_2SO_4) sebagai katalisator dari tangki penyimpanan asam sulfat pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dipompa menuju reaktor (R-01) yang beroperasi pada suhu 55°C dan 1 atm

2. Unit Reaksi

Reaksi pembentukan *Methyl Acrylate* (CH_2CHCOOH) dilakukan didalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang beroperasi secara isothermal pada 55°C dan tekanan 1 atm. Perbandingan mol bahan baku asam akrilat (CH_2CHCOOH) dan methanol (CH_3OH) adalah 1:1. Sebagai katalisator digunakan asam sulfat 98%. Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, sehingga untuk menjaga kondisi isothermal perlu dilakukan pengembalian panas. Panas diambil dari dalam reaktor melalui jaket pendingin.

3. Unit Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh produk *methyl acrylate* ($\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$) hingga mencapai kemurnian 99,5%. Hasil reaksi dari reaktor dialirkan menuju decanter yang beroperasi pada suhu 55°C dan tekanan 1 atm untuk memisahkan fase atas (ringan) dan fase bawah (berat). Fraksi

bawah decanter yang berupa air,asam sulfat,asam akrilat,methanol,dan methyl acrylate diumpukan ke menara distilasi pertama untuk merecycle asam sulfat.

Methyl acrylate dan air yang berasal dari fraksi air atas decanter,dialikran ke menara distilasi kedua untuk mendapatkan kemurnian 99,5%. Hasil atas menara distilasi kedua berupa produk methyl acrylate 99,5% yang selanjutnya didinginkan menggunakan HE-02 sampai suhu 45°C kemudian disimpan pada tangki penyimpanan pada suhu 30°C sedangkan hasil bawahnya, didinginkan menggunakan HE-03 sampai suhu 40°C yang selanjutnya dibuang ke unit pengolahan limbah.

3.2.3 Neraca Massa dan Neraca Panas

Produk : Methyl Acrylate 99,5%

Kapasitas Perancangan : 24.000 ton/tahun

Waktu operasi selama 1 tahun : 330 hari

Waktu operasi selama 1 hari : 24 jam

3.2.4 Neraca Massa

Diagram alir neraca massa sistem tabel

Basis perhitungan : 1 jam operasi

Satuan :kg

Tabel 3.3. Neraca Massa Reaktor

KOMPONEN	Masuk				keluar	
	Umpan		Recycle			
	Kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	2.580	35	47	0,66	52	0,73
H ₂ O dalam as. Akrilat	26,	1,45				
CH ₃ OH	1.191	37	183	5,72	229	7,15
H ₂ O dalam metanol	28	1,56				
H ₂ SO ₄	39	0,40	355	3,62	395	4,03
H ₂ O dalam H ₂ SO ₄	0,81	0,04				
CH ₂ CHCOOCH ₃					3.076	36
H ₂ O			915	51	1.613	90
Total	3.865	76	1.501	61	5.366	137
kmol/jam	137				137	
kg/jam	5.366				5.366	

Tabel 3.4Neraca Massa Decanter

KOMPONEN	Masuk		Keluar			
	Arus 4		Arus 5 (heavy stream)		Arus 6 (light stream)	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	52	0,73			52	0,73
H ₂ O dalam as. Akrilat	0	0,00			0	0
CH ₃ OH	229	7,15			229	7,15
H ₂ O dalam metanol	0	0			0	0
H ₂ SO ₄	395	4,03			395	4,03
H ₂ O dalam H ₂ SO ₄	0	0			0	0
CH ₂ CHCOOCH ₃	3.076	36	2.769	32	308	3,57
H ₂ O	1.613	90	161	8,96	1.452	81
Total	5.366	137	2.930	41	2.436	96
kmol/jam	137		137			
kg/jam	5.366		5.366			

Tabel 3.5Neraca Massa Menara Distilasi 01

KOMPONEN	Masuk		Keluar			
	Arus 6		Arus 7		Arus 8	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOH	52	0,73	52	0,73		
H ₂ O dalam as. Akrilat	0	0	0	0		
CH ₃ OH	229	7,15			229	7,15
H ₂ O dalam metanol	0	0			0	0
H ₂ SO ₄	395	4,03	395	4,03		
H ₂ O dalam H ₂ SO ₄	0	0	0	0		
CH ₂ CHCOOCH ₃	308	3,57	31	0,36	277	3,22
H ₂ O	1.452	81	1.016	56	435	24
Total	2.436	96	1.494	61	942	34
kmol/jam	96		96			
kg/jam	2.436		2.436			

Tabel 3.6 Neraca Massa Pada Menara Distilasi 02

KOMPONEN	Masuk		Keluar			
	Arus 5 + Arus 9		Arus 11		Arus 12	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH ₂ CHCOOCH ₃	3.045	35	15	0,177	3030	35
H ₂ O	597	33	594	33	2,984	0,166
Total	3.642	68	609	33	3.033	35
kmol/jam	68		68			
kg/jam	3.642		3.642			

Tabel 3.7. Neraca Massa Pada Separator

KOMPONEN	Masuk		Keluar			
	Arus 8		arus 9		arus 10	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH3OH	229	7,15			229	7,15
H2O dalam metanol	0	0			0	0
CH2CHCOOCH3	277	3,22	277	3,22		
H2O	435	24	435	24		
Total	942	34	712	27	229	7,15
kmol/jam	34		34			
kg/jam	942		942			

3.2.5 Neraca Panas

Tabel 3.8 Neraca Panas Pada Reaktor

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
Panas umpan masuk	48.033	Panas produk keluar	329.618
Panas reaksi	875.581	Pendingin yang dibutuhkan	593.996
Total	923.614	Total	923.614

Tabel 3.9 Neraca Panas Pada Decanter

Masuk (kj/jam)		Keluar (kj/jam)	
Panas umpan masuk	329.618	Panas produk keluar atas	87.691
		Panas produk keluar bawah	241.927
Total	329.618	Total	329.618

Tabel 3.10 Neraca Panas Pada Menara Distilasi 01

masuk (Kj/jam)		Keluar (Kj/jam)	
Panas dalam umpan	560	Beban panas kondensor	501.789
Beban panas reboiler	752.391	Panas dalam distilat	250.775
		Panas dalam bottom	387
Total	752.951	Total	752.951

Tabel 3.11 Neraca Panas Pada Menara Distilasi 02

masuk		Keluar	
Panas dalam umpan	537	Beban panas kondensor	2.497
Beban panas reboiler	2.587	Panas dalam distilat	439
		Panas dalam bottom	188
Total	3.124	Total	3.124

Tabel 3.12 Neraca Panas Pada Separator

Masuk (kj/jam)		Keluar (kj/jam)	
Panas umpan masuk	50	Panas produk keluar atas	17
		Panas produk keluar bawah	33
Total	50	Total	50

3.3 Spesifikasi Alat/Mesin Produk

3.3.1 Reaktor

Kode : R-01

Tugas : Mereaksikan methanol sebanyak 1.374 kg/jam dan asam akrilat sebanyak 2.627 kg/jam dengan menggunakan katalis asam sulfat sebanyak 395 kg/jam

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304*

Tipe : CSTR

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

P : 1 atm

T : 55°C

Dimensi *shell* :

Diameter tangki : 1,829 m

Tinggi Tangki	: 3,639 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,005 m
Dimensi <i>head</i>	:
Bentuk	: <i>torishpericaldishedhead</i>
Tebal <i>head</i>	: 0,006 m
Tinggi total	: 2,494 m
Luas muka reaktor	: 28 m ²
Pengaduk	:
Tipe	: <i>marine propeller with 3 blades and pitch 2Di</i>
Jumlah	: 1 buah
Diameter	: 0,606 m
Kecepatan	: 175 menit
<i>Power</i>	: 2,452 Hp
Tinggi cairan	: 2,365 m
Jarak pengaduk dari dasar tangki	: 0,778 m
Jaket pendingin	
Tinggi jaket	: 2,993 m
Diameter jaket	: 2,014 m
Tebal jaket	: 0,005 m
Beban panas pendingin	: 300.456 Kj/jam
Tinggi cairan	: 2,494 m
Suhu masuk	: 30 ⁰ C
Suhu keluar	: 45 ⁰ C

3.3.2 Dekanter

Kode : D-01

Fungsi : memisahkan campuran berdasarkan kelarutan

Jenis : *Continuous gravity decanter*

Bentuk : silinder vertikal

Bahan : *stainless steel AISI 316*

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 55°C

Waktu tinggal : 2 menit

Tebal *shell* : 0,005 m

Tebal *head* : 0,005 m

Tinggi *head* : 0,182 m

Diameter dekanter : 0,700 m

Panjang dekanter : 1,400 m

Tinggi keluaran atas : 1,260 m

Tinggi keluaran bawah : 1,260 m

Pipa pemasukan

Dopt masuk : 1,37 mm

Schedule number : 40

Inside diameter : 0,041 m

Outside diameter : 0,048 m

Pipa pengeluaran

Dopt top prod : 1,02 mm

Schedule number : 40

Inside diameter : 0,035 m

Outside diameter : 0,027 m

Dopt bottom prod : 0,887 mm

Schedule number : 40

Inside diameter : 0,027 m

Outside diameter : 0,033 m

3.3.3 Menara Distilasi 01

Fungsi : Me *recycle* asam sulfat sebanyak 394 yang akan dikembalikan ke reaktor pertama

Jenis : *Sieve Plate*

Bahan : *stainless steel SA285*

Jumlah : 1 buah

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu top : 94⁰C

Suhu bottom : 102⁰C

Tinggi menara : 11 m

Diameter : 0,871 m

Tebal *shell* : 4,762 mm

Jenis *head* : *torishperical dishedhead*

Tebal *head* : 4,762 mm

Tebal isolator : 0,017 m

Pipa umpan	: 0,051 m
Pipa hasil atas menuju condenser <i>plate 1</i>	: 0,406 m
Pipa refluks distilat	: 0,025 m
Pipa pengeluaran <i>bottom</i>	: 0,013 m
Pipa refluks <i>bottom</i>	: 0,019 m

3.3.4 Menara distilasi 02

Fungsi : Memisahkan produk *Methyl Acrylate* dan air dengan top product larutan *Methyl Acrylate* 99,5%

Jenis : *Sieve Plate*

Bahan : *stainless steel SA285*

Jumlah : 1 buah

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu top : 81⁰C

Suhu bottom : 100⁰C

Tinggi menara : 17 m

Diameter : 1,372 m

Tebal *shell* : 4,762 mm

Jenis *head* : *torishperical dishedhead*

Tebal *head* : 4,762 mm

Tebal isolator : 0,022 m

Pipa umpan : 0,051 m

Pipa hasil atas menuju condenser *plate 1* : 0,406 m

Pipa refluks distilat : 0,025 m

Pipa pengeluaran *bottom* : 0,032 m

Pipa refluks *bottom* : 0,305 m

3.3.5 Separator

Tugas : memisahkan campuran uap cair bahan keluar kondenser

Jenis : silinder horizontal

Diameter *vessel* : 0,457 m

Waktu tinggal : 5 menit

Panjang tangki : 1,329 m

Tebal *shell* :

Inside diameter : 0,457 m

Outside diameter : 0,470 m

Panjang : 1,330 m

Tebal *head* : 0,005 m

Dimensi total separator :

Inside diameter : 0,457 m

Outside diameter : 0,470 m

Panjang : 1,332 m

3.3.6 Condensor 01 (C-01)

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 574 Kj/jam

Luas Penampang pipa : 0,059 m²

Panjang pipa : 3,660 m

Hot fluid :

Suhu masuk : 94°C

Suhu keluar : 87°C

Cold fluid :

Suhu masuk : 30°C

Suhu keluar : 45°C

Fluida panas (*annulus*) :

IPS : 0,102 m

OD : 0,114 m

ID : 0,102 m

Pressure drop : 0,067 Psi

Fluida dingin (*inner pipe*)

IPS : 0,076 m

OD : 0,089 m

ID : 0,078 m

Surface : 0,917 in²

Pressure drop : 0,004 Psi

3.3.7 Condensor 02 (C-02)

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 5.577.665 Kj/jam

Luas Penampang pipa : 0,020 m²

Panjang pipa : 3,660 m

Hot fluid :

Suhu masuk : 76°C

Suhu keluar : 55°C

Cold fluid :

Suhu masuk : 30°C

Suhu keluar : 45°C

Fluida panas (*annulus*) :

IPS : 0,102 m

OD : 0,114 m

ID : 0,102 m

Pressure drop : 0,098 Psi

Fluida dingin (*inner pipe*)

IPS : 0,076 m

OD : 0,089 m

ID : 0,078 m

Pressure drop : 3,4 Psi

Surface : 0,917 in²

3.3.8 Condenser 03 (C-03)

Panjang pipa : 3,660 m

Suhu LMTD : 50°F

Hot fluid :

Suhu masuk : $80,9^{\circ}\text{C}$

Suhu keluar : 80°C

Cold fluid :

Suhu masuk : 30°C

Suhu keluar	: 45°C
Ud	: $75 \text{ Btu}/\text{ft}^2 \cdot \text{h.F}$
<i>Clean overall coefficient</i>	: $11 \text{ Btu}/\text{ft}^{20}\text{F}$
<i>Surcafe actual</i>	: 655 ft^2

Dirt factor : 0,003

Fluida panas (*annulus*) :

IPS	: 0,102 m
OD	: 0,114 m
ID	: 0,102 m

Pressure drop : 0,098 Psi

Fluida dingin (*inner pipe*)

IPS	: 0,076 m
OD	: 0,089 m
ID	: 0,078 m

Pressure drop : 3,4 Psi

Surface : $0,917 \text{ in}^2$

3.3.9 Reboiler 01

Fungsi	: menguapkan sebagian <i>liquid</i> hasil bawah md 01
Jumlah	: 1 buah
Beban panas	: 2.021 Kj/jam
Fluida	: <i>medium organic</i>
Luas transfer panas	: $0,013 \text{ m}^2$
<i>Hot fluid</i>	

Suhu masuk : 180°C

Suhu keluar : 180°C

Cold fluid

Suhu masuk : 95°C

Suhu keluar : 102°C

Fluida panas (*annulus*)

D1 : 0,042 m

D2 : 0,052 m

Pressure drop : 0,0512 Psi

3.3.10 Reboiler 02

Fungsi : menguapkan sebagian *liquid* hasil bawah md 02

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 2.587 Kj/jam

Fluida : *light organic*

Luas transfer panas : 0,012m²

Hot fluid

Suhu masuk : 180°C

Suhu keluar : 180°C

Cold fluid

Suhu masuk : 89°C

Suhu keluar : 100°C

Fluida panas (*annulus*)

D1 : 0,060 m

D2 : 0,063 m

Pressure drop : 0,00105 Psi

3.3.11 Tangki Penyimpanan

1. Tangki penyimpanan asam akrilat

Tugas : menyimpan asam akrilat sebanyak 2580 kg/jam selama 7 hari

Kondisi operasi :

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30°C

Jenis : *Vertical Tank, Flat Bottom, Torispherical dished head*

Material : *stainless steel 316 AISI*

Volume tangki : 506 m^3

Dimensi tangki :

- Diameter : 12 m
- Tinggi : 5,490 m

Tebal *head* : 0,019 m

Tinggi *head* : 2,162 m

Tebal *shell* : 0,016 m

Jumlah : 1

2. Tangki penyimpanan methanol

Tugas : menyimpan methanol sebanyak 1374 kg/jam selama 14 hari

Kondisi operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Jenis : *Vertical Tank, Flat Bottom, Torispherical dished head*

Material : *stainless steel 316 AISI*

Volume tangki : 611 m^3

Dimensi tangki :

Diameter : 14 m

Tinggi : 5,490 m

Tebal *head* : 0,019 m

Tinggi *head* : 1,139 m

Tebal *shell* : 0,008 m

Jumlah : 1

3. Tangki penyimpanan asam sulfat

Tugas : menyimpan asam sulfat sebanyak 394 kg/jam selama 7 hari

Kondisi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Jenis : *Vertical Tank, Flat Bottom, Torispherical dished head*

Material : *stainless steel 316 AISI*

Volume tangki : 44 m^3

Dimensi tangki :

- Diameter : 6 m
- Tinggi : 3 m
- Tebal *head* : 0,011 m
- Tinggi *head* : 1,899 m
- Tebal *shell* : 0,009 m
- Jumlah : 1

4. Tangki penyimpanan *Methyl Acrylate*

Tugas : menyimpan *Methyl Acrylate* sebanyak 1.515 kg/jam selama 7 hari

Kondisi :

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30°C

Jenis : *Vertical Tank, Flat Bottom, Torispherical dished head*

Material : *stainless steel 316 AISI*

Volume tangki : 324 m^3

Dimensi tangki :

- Diameter : 10 m

Tinggi : 5,490 m
 Tebal *head* : 0,016 m
 Tinggi*head* : 1,903 m
 Tebal *shell* : 0,013 m
 Jumlah : 2

3.3.12 Heat exchanger

1. Heater 01

Kode alat : HE-01
 Fungsi : Menaikkan suhu asam akrilat dengan kondisi operasi tangki 30°C ke suhu reaktor 80°C
 Tipe : *Double pipe*
 Jumlah : 1
 Beban panas : 4.961 Kj/jam
 Kebutuhan *steam* : 2,464 kg/jam
 ΔT_{lmtd} : 247°F
 Suhu dingin rata-rata : 108°F
 Suhu panas rata-rata : 356°F
 Material : *stainless steel* SA 316
 Luas transfer panas : $0,018\text{m}^2$
 Pipa :
Annulus
Inside diameter : 0,061 m

Outside diameter : 0,073 m
Inner pipe :
Inside diameter : 0,026 m
Outside diameter : 0,033 m
Clean overall coefficient : 154 Btu/jam.ft.F
 Rd terhitung : 0,003
Pressure drop annulus : $2,3 \times 10^{-6}$ Psi
Pressure drop inner : 0,307 Psi

2. Heater 02

Kode alat : HE-02
 Fungsi : Menaikkan suhu metanol dengan kondisi operasi tangki 30°C ke suhu reactor 80°C
 Tipe : *Double pipe*
 Jumlah : 1
 Beban panas : 52.044 Kj/jam
 Kebutuhan steam : 26 kg/jam
 ΔT_{lmtd} : 247°F
 Panjang pipa : 3,660 m
 Suhu dingin rata-rata : 108°F
 Suhu panas rata-rata : 356°F
 Material : *stainless steel* SA 316
 Luas transfer panas : $0,186\text{m}^2$
 Pipa :

Annulus

<i>Inside diameter</i>	: 0,061 m
<i>Outside diameter</i>	: 0,073 m
<i>Inner pipe</i>	:
<i>Inside diameter</i>	: 0,026 m
<i>Outside diameter</i>	: 0,033 m
<i>Clean overall coefficient</i>	: 143,24 Btu/jam.ft.F
<i>Ud for light organic</i>	: 100 btu/ft ² .h.F
Rd terhitung	:0,003
<i>Pressure drop annulus</i>	: $1,2 \times 10^{-5}$ Psi
<i>Pressure drop inner</i>	: 0,119 Psi

3. Heater 03

Kode alat	: HE-03
Fungsi	: Menaikkan suhu asam sulfat dan komponen arus <i>recycle</i> pada kondisi operasi tangki 30°C ke suhu reaktor 80°C
Tipe	: <i>Double pipe</i>
Jumlah	: 1
Beban panas	: 120 Kj/jam
Kebutuhan steam	: 59 kg/jam
ΔT_{lmtd}	: 247°F
Panjang pipa	: 3,660 m
Suhu dingin rata-rata	: 108°F

Suhu panas rata-rata : 356°F

Material : *stainless steel* SA 316

Luas transfer panas : $1,944\text{m}^2$

Pipa :

Annulus

Inside diameter : 0,061 m

Outside diameter : 0,073 m

Inner pipe :

Inside diameter : 0,035 m

Outer diameter : 0,042 m

Clean overall coefficient : 23 Btu/jam. $\text{Ft}^2.{}^{\circ}\text{F}$

Ud for heavy organic : 6 Btu/ $\text{ft}^2.\text{h.F}$

Rd terhitung : 0,004

Pressure drop annulus : $6,9 \times 10^{-5}$ Psi

Pressure drop inner : 0,006 Psi

4. Heater 04

Kode alat : HE-04

Fungsi : Menaikkan suhu 55°C dari dekanter menuju MD
01 dengan suhu 95°C

Tipe : *Double pipe*

Jumlah : 1

Beban panas : 332.420 Kj/jam

Kebutuhan *steam* : 165 kg/jam

ΔT_{lmtd} : 186^0F
 Panjang pipa : 3,660 m
 Suhu dingin rata-rata : 167^0F
 Suhu panas rata-rata : 356^0F
 Material : *stainless steel* SA 316
 Luas transfer panas : $1,573m^2$
 Pipa :
Annulus
Inside diameter : 0,061 m
Outside diameter : 0,073 m
Inner pipe :
Inside diameter : 0,035 m
Outside diameter : 0,042 m
Clean overall coefficient : 174 Btu/jam. $Ft^2.0^0F$
Ud for heavy organic : 100 Btu/ $ft^2.h.F$
 Rd terhitung : 0,004
Pressure drop annulus : $4,7 \times 10^{-4}$ Psi
Pressure drop inner : 0,144 Psi

5. Heater 05

Kode alat : HE-05
 Fungsi : Menaikkan suhu 33^0C dari separator menuju MD 02
 dengan suhu 89^0C
 Tipe : *Double pipe*

Jumlah : 1

Beban panas : 325.411 Kj/jam

Kebutuhan *steam* : 162 kg/jam

ΔT_{lmtd} : 210^0F

Panjang pipa : 3,660 m

Suhu dingin rata-rata : 142^0F

Suhu panas rata-rata : 356^0F

Material : *stainless steel* SA 316

Luas transfer panas : $0,681m^2$

Pipa :

Annulus

Inside diameter : 0,061 m

Outside diameter : 0,073 m

Inner pipe :

Inside diameter : 0,035 m

Outer diameter : 0,042 m

Clean overall coefficient : 120 Btu/jam. $Ft^2.0^0F$

Ud for heavy organic : 200 Btu/ $ft^2.h.F$

Rd terhitung : 0,003

Pressure drop annulus : $4,6 \times 10^{-4}$ Psi

Pressure drop inner : 0,219 Psi

6. *Cooler*

Kode alat : CL-01

Fungsi : Menurunkan suhu 94°C dari MD menuju separator

Tipe : *Double pipe*

Jumlah : 1

Beban pendingin : 52.114 Kj/jam

Kebutuhan pendingin : 830 kg/jam

ΔT_{lmtd} : 86°F

Panjang pipa : 3,660 m

Suhu dingin rata-rata : 99°F

Suhu panas rata-rata : 185°F

Material : *stainless steel SA 316*

Luas penampang pipa : $0,714\text{m}^2$

Pipa :

Annulus

Inside diameter : 0,102 m

Outside diameter : 0,089 m

Inner pipe :

Inside diameter : 0,078 m

Clean overall coefficient : 10 Btu/jam. $\text{ft}^2.{}^{\circ}\text{F}$

Ud for heavy organic : 75 Btu/ $\text{ft}^2.\text{h.F}$

Rd terhitung : 0,003

Pressure drop annulus : $2,9 \times 10^{-4}$ Psi

Pressure drop inner : $8,3 \times 10^{-5}$ Psi

7. *Cooler*

Kode alat : CL-02

Fungsi : Menurunkan suhu 81°C dari MD menuju tangka penyimpanan

Tipe : *Double pipe*

Jumlah : 1

Beban pendingin : 132.824 Kj/jam

Kebutuhan pendingin : 2.116 kg/jam

ΔT_{lmtd} : 21°F

Panjang pipa : 3,660 m

Suhu dingin rata-rata : 99°F

Suhu panas rata-rata : 133°F

Material : *stainless steel SA 316*

Luas penampang pipa : $11,612\text{m}^2$

Pipa :

Annulus

Inside diameter : 0,102 m

Outside diameter : 0,089 m

Inner pipe :

Inside diameter : 0,078 m

Clean overall coefficient : 15 Btu/jam. $\text{ft}^2.{}^{\circ}\text{F}$

Ud for heavy organic : 50 Btu/ $\text{ft}^2.\text{h.F}$

Rd terhitung : 0,003

Pressure drop annulus : 0,010 Psi

Pressure drop inner : $4,1 \times 10^{-4}$ Psi

3.3.13 Pompa

1. Pompa 01

Fungsi : Mengalirkan umpan Asam Akrilat dari tangki penyimpanan (ST-01) ke *Heater* (HE-01) sebanyak 2.606 kg/jam.

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-01

Laju alir *volumetric* : 13,282 gpm

Inside diameter pompa: 0,041 m

Outside diameter pompa: 0,048 m

Flow area per pipe : $0,001\text{m}^2$

Panjang pipa total : 28 m

Potentialhead : 3,002 m

Velocityhead : 28 ft.lbf/lbm

Frictionhead : 1,303 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,711 Hp

Daya motor : 0,889 Hp

2. Pompa 02

Fungsi : Mengalirkan umpan Metanol dari tangki penyimpanan (ST-02) ke *Heater* (HE-01) sebanyak 1.402 kg/jam.

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-02

Laju alir *volumetric* : 9,413 gpm

Inside diameter pompa: 0,035 m

Outside diameter pompa: 0,042 m

Flow area per pipe : $9,7 \times 10^{-4} \text{m}^2$

Panjang pipa total : 26 m

Frictionhead : 1,263 ft.lbf/lbm

Potentialhead : 3,002 m

Velocityhead : 11,169 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,419 HP

Daya motor : 0,523 HP

3. Pompa 03

Fungsi : Mengalirkan umpan Asam Sulfat dari tangki penyimpanan (ST-03) dan Arus *Recycle* dari MD-01 ke *Heater* (HE-01) sebanyak 39 kg/jam.

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-03

Laju alir *volumetric* : 5,692 gpm

Inside diameter pompa : 0,027 m

Outside diameter pompa : 0,033 m

Flow area per pipe : $9,7 \times 10^{-4} \text{m}^2$

Panjang pipa total : 26 m

Frictionhead : 1,263 ft.lbf/lbm

Potentialhead : 3,002 m

Velocityhead : 11 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,419 H

Daya motor : 0,750 Hp

4. Pompa 04

Fungsi : Mengalirkan *output* reaktor ke dekanter sebanyak 5.366 kg/jam.

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-04

Laju alir *volumetric* : 1,227 gpm

Inside diameter pompa : 0,052 m

Outside diameter pompa : 0,060 m

Flow area per pipe : $0,002 \text{m}^2$

Panjang pipa total : 32 m

Frictionhead : 0,003 ft.lbf/lbm

Potential head : 3,002 m

Velocityhead : 0,0002 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,011 Hp

Daya motor : 0,014 Hp

5. Pompa 05

Fungsi : Mengalirkan *output* bawah dekanter menuju menara distilasi 01 sebanyak 5.366 kg/jam.

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-05

Laju alir *volumetric* : 12 gpm

Inside diameter pompa : 0,041 m

Outside diameter pompa : 0,048 m

Flow area per pipe : 0,001m²

Panjang pipa total : 28 m

Frictionhead : 0,851 ft.lbf/lbm

Potential head : 3,002 m

Velocityhead : 0,053 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,350 Hp

Daya motor : 0,437 Hp

6. Pompa 06

Fungsi : Mengalirkan *output* atas dekanter dan *output* bawah separator menuju menara distilasi 02 sebanyak 3.642 kg/jam.

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-06

Laju alir *volumetric* : 21 gpm

Inside diameter pompa : 0,052 m

<i>Outside diameter pompa</i>	: 0,060 m
<i>Flow area per pipe</i>	: $0,002\text{m}^2$
Panjang pipa total	: 32 m
<i>Frictionhead</i>	: 0,839 ft.lbf/lbm
<i>Potential head</i>	: 3,002 m
<i>Velocityhead</i>	: 0,062 ft.lbf/lbm
Daya pompa	: 0,262 Hp
Daya motor	: 0,327 Hp

7. Pompa 07

Fungsi	: Mengalirkan <i>output</i> atas menara distilasi 01 menuju separator sebanyak 5.366 kg/jam.
Jenis	: <i>centrifugal pumps</i>
Kode alat	: P-07
Laju alir <i>volumetric</i>	: 5,711 gpm
<i>Inside diameter pompa</i>	: 0,027 m
<i>Outside diameter pompa</i>	: 0,033 m
<i>Flow area per pipe</i>	: $5,6 \times 10^{-4}\text{m}^2$
Panjang pipa total	: 21 m
<i>Frictionhead</i>	: 1,410 ft.lbf/lbm
<i>Potentialhead</i>	: 3,002 m
<i>Velocityhead</i>	: 0,070 ft.lbf/lbm
Daya pompa	: 0,237 Hp
Daya motor	: 0,297 Hp

8. Pompa 08

Fungsi : Mengalirkan produk *Methyl Acrylate* menuju *cooler* sebanyak 3.033 kg/jam.

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-08

Laju alir *volumetric* : 18 gpm

Inside diameter pompa : 0,052 m

Outside diameter pompa : 0,060 m

Flow area per pipe : 0,002m²

Panjang pipa total : 32 m

Frictionhead : 0,642 ft.lbf/lbm

Potentialhead : 3,002 m

Velocityhead : 0,047 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,251 Hp

Daya motor : 0,5 Hp

9. Pompa 09

Fungsi : Mengalirkan Metanol dari separator (SP-01) menuju *Condensor* (C-03) sebanyak 1402.10 kg/jam.

Jenis : *centrifugal pumps*

Kode alat : P-09

Laju alir *volumetric* : 1,642 gpm

Inside diameter pompa : 0,035 m

Outside diameter pompa : 0,042 m

<i>Flow area per pipe</i>	: $9,7 \times 10^{-4} \text{m}^2$
Panjang pipa total	: 26 m
<i>Frictionhead</i>	: 0,049 ft.lbf/lbm
<i>Potentialhead</i>	: 3,002 m
<i>Velocityhead</i>	: 0,002 ft.lbf/lbm
Daya pompa	: 0,076 Hp
Daya motor	: 0,5 Hp

3.4 Perencanaan Produksi

Dalam perencanaan pabrik *methyl acrylate* disusun atas dasar dasar Neraca Massa Bahan dan Neraca Energi.