

# BAB III

## PERANCANGAN PROSES

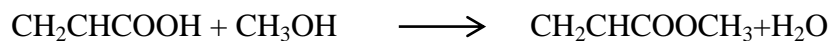
### 3.1 Uraian Proses

#### 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  $80^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm dengan bantuan katalis asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

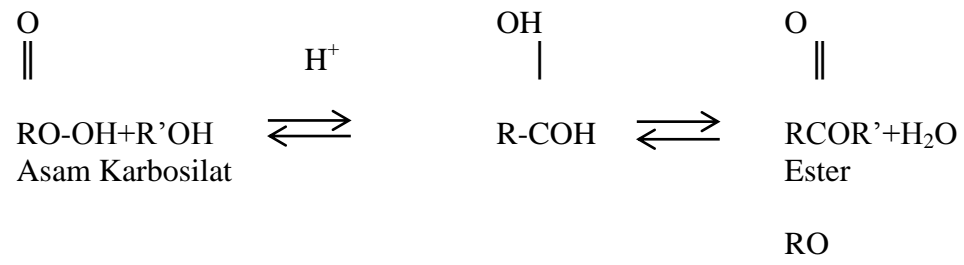
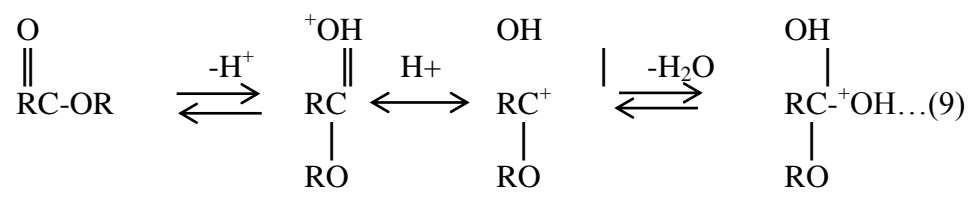
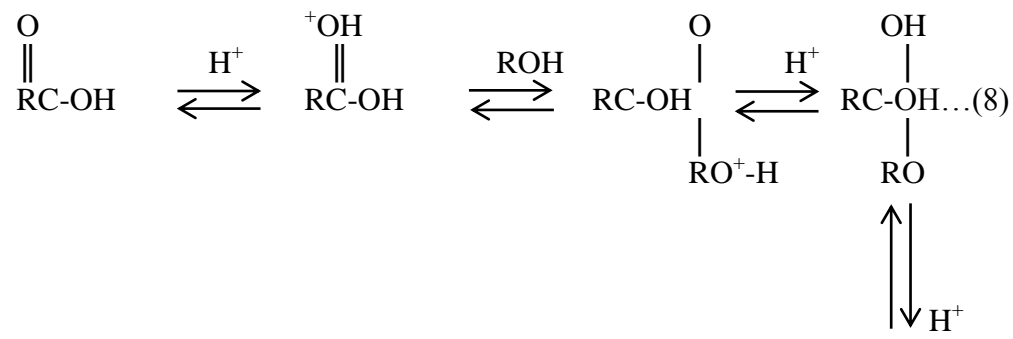
Reaksi antara asam akrilat ( $\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$ ) dengan methanol ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) adalah suatu reaksi substitusi gugus radikal organic dengan ion hydrogen berasal dari asam. Dengan putusya ikatan karbonil oksigen atau ikatan alkil oksigen, maka terbentuklah air.

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

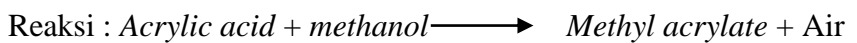


(Fessenden & Fessenden, 1986)

3.1.3 Sifat Reaksi

a. Tinjauan Kinetika

Reaksi antara *acrylic acid* dengan *methanol* termasuk reaksi orde dua.



Persamaan kecepatan reaksi :

$$-ra = k \cdot C_A \cdot C_B \dots\dots\dots(1)$$

$$-r_a = C_{A0} \frac{dx_A}{dt} = r C_{A0}^2 (1 - x_A)(M - x_A) \dots\dots\dots (2)$$

Jika :

$$M = \frac{C_{B0}}{C_{A0}} \dots\dots\dots (3)$$

$$-r_a = k \cdot C_{A0}^2 \cdot (1 - x_A)(M - x_A) \dots\dots\dots (4)$$

Dengan:

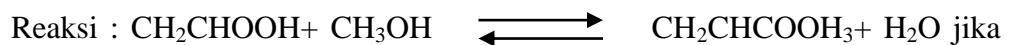
$C_{A0}$  = Konsentrasi *Acrylic acid* mula-mula, kmol/L

$C_{B0}$  = Konsentrasi *Methanol* mula-mula, kmol/L

$X_A$  = Konversi dari *Acrylic acid*

(Levenspiel- chemical reaction engineering, 3<sup>rd</sup> edition)

b. Tinjauan Termodinamika



ditinjau dari segi termodinamika, harga  $\Delta G^0_f$  masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 3.1. sebagai berikut:

**Tabel 3.1 Harga  $\Delta G^0_f$  Masing-masing Komponen**

Komponen	Harga $\Delta G^0_f$ (Kj/kmol)
Acrylic acid (AA)	-323,5
Methanol (M)	-162,51
Methyl acrylate (MA)	-257,32
Air	-228,6

(Yaws,1999)

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

$$\ln \frac{K}{K_0} = \frac{-\Delta H_{298}}{R} \times \left[ \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right]$$

(Smith VanNess, 1987)

Dengan :  $K_0$  = konstanta kesetimbangan pada suhu 298 K  
 $K$  = konstanta kesetimbangan pada suhu tertentu  
 $T$  = temperatur tertentu  
 $\Delta H_{298}$  = 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)

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

$$= -17,964 \text{ kJ/mol}$$

Pada suhu  $55^{\circ}\text{C}$  ( $328 \text{ K}$ ) besarnya konstanta keseimbangan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\ln \frac{K}{3,524 \times 10^6} = \frac{50,374}{8,314} \times \left[ \frac{1}{323} - \frac{1}{298} \right] \dots\dots\dots(5)$$

$$K : 1,139 \times 10^6$$

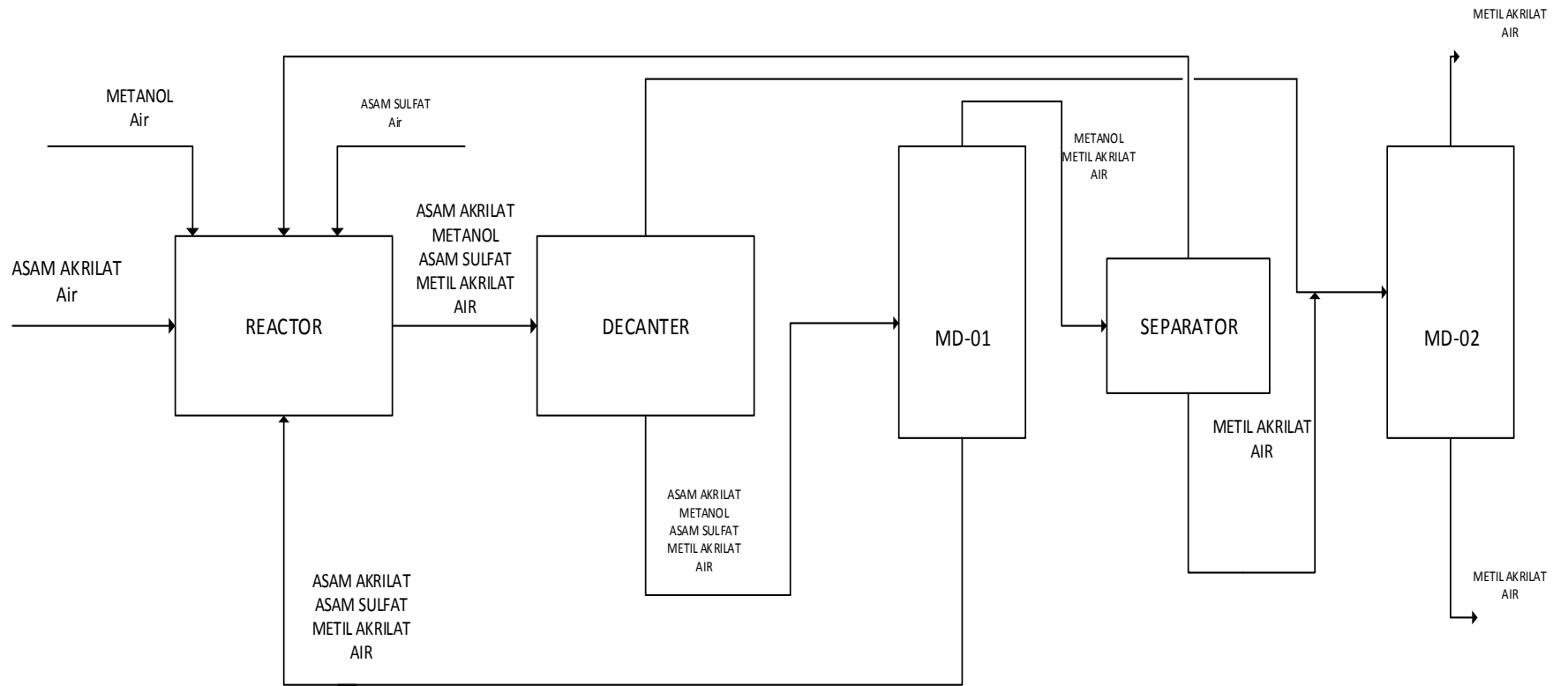
Karena harga  $K = k_1/k_2$  besar, berarti harga  $k_2$  jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan harga  $k_1$  sehingga  $k_2$  diabaikan terhadap  $k_1$  dan reaksi dianggap berjalan satu arah (*Irreversible*).

### 3.2 Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses

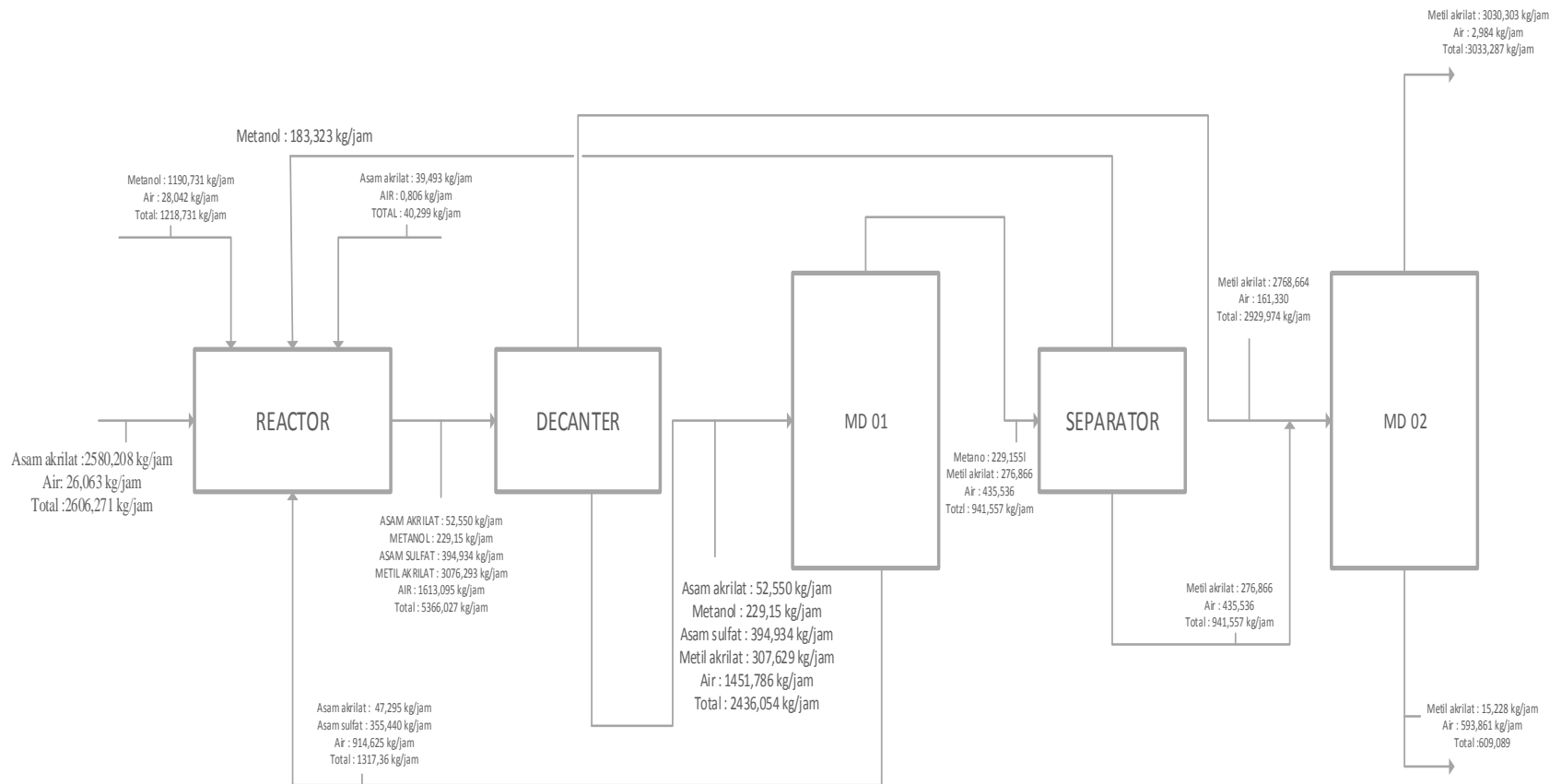
#### 3.2.1 Diagram Alir Proses

Diagram alir perancangan pabrik *Methyl Acrylate* dari metanol dan asam akrilat dapat ditunjukkan dalam dua macam, yaitu :

- a. Diagram alir proses
- b. Diagram alir kualitatif
- c. Diagram alir kuantitatif



**Gambar 3.1. Diagram Alir Proses**



**Gambar 3.2. Diagram Alir Kuantitatif**

### 3.2.2 Tahapan Proses

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

#### 1. Unit Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa asam akrilat ( $\text{CH}_2\text{CHCOOH}$ ) dari tangki penyimpanan asam akrilat, methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) dari tangki penyimpanan methanol pada kondisi suhu  $30\text{ }^\circ\text{C}$  dan 1 atm serta asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sebagai katalisator dari tangki penyimpanan asam sulfat pada suhu  $30\text{ }^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm dipompa menuju reaktor (R) yang beroperasi pada suhu  $55\text{ }^\circ\text{C}$  dan 1 atm

#### 2. Unit Reaksi

Reaksi pembentukan *Methyl Acrylate* ( $\text{CH}_2\text{CHCOOH}$ ) dilakukan didalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang beroperasi secara isothermal pada  $55\text{ }^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Perbandingan mol bahan baku asam akrilat ( $\text{CH}_2\text{CHCOOH}$ ) dan methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) 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  $55\text{ }^\circ\text{C}$  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 diumpungkan ke menara distilasi pertama untuk merecycle asam sulfat.

Methyl acrylate dan air yang berasal dari fraksi air atas decanter, dialirkan 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  $45^{\circ}\text{C}$  kemudian disimpan pada tangki penyimpanan pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  sedangkan hasil bawahnya, didinginkan menggunakan HE-03 sampai suhu  $40^{\circ}\text{C}$  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 neraca massa	: kg/jam

**Tabel 3.3. Neraca Massa Reaktor 1**

KOMPONEN	Masuk				keluar	
	Umpan		recycle			
	Kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH <sub>2</sub> CHCOOH	2580,21	35,806	47,295	0,656	52,55	0,729
H <sub>2</sub> O dalam as. Akrilat	26,063	1,4471				
CH <sub>3</sub> OH	1190,73	37,164	183,32398	5,7217	229,155	7,152
H <sub>2</sub> O dalam metanol	28,042	1,557				
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	39,493	0,403	355,44	3,624	394,934	4,027
H <sub>2</sub> O dalam H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,806	0,045				
CH <sub>2</sub> CHCOOCH <sub>3</sub>					3076,293	35,733
H <sub>2</sub> O			914,625	50,784	1613,095	89,567
<b>total</b>	<b>3865,34</b>	<b>76,4221</b>	<b>1500,684</b>	<b>60,7857</b>	<b>5366,027</b>	<b>137,208</b>
<b>kmol/jam</b>	<b>137,208</b>				<b>137,208</b>	
<b>kg/jam</b>	<b>5366,027</b>				<b>5366,027</b>	

Tabel 3.4 Neraca 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 <sub>2</sub> CHCOOH	52,550	0,729			52,550	0,729
H <sub>2</sub> O dalam as. Akrilat	0,000	0,000			0,000	0,000
CH <sub>3</sub> OH	229,155	7,152			229,155	7,152
H <sub>2</sub> O dalam metanol	0,000	0,000			0,000	0,000
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	394,934	4,027			394,934	4,027
H <sub>2</sub> O dalam H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,000	0,000			0,000	0,000
CH <sub>2</sub> CHCOOCH <sub>3</sub>	3076,293	35,733	2768,664	32,160	307,629	3,573
H <sub>2</sub> O	1613,095	89,567	161,310	8,957	1451,786	80,610
<b>Total</b>	<b>5366,027</b>	<b>137,208</b>	<b>2929,974</b>	<b>41,117</b>	<b>2436,054</b>	<b>96,091</b>
<b>kmol/jam</b>	<b>137,208</b>		<b>137,208</b>			
<b>kg/jam</b>	<b>5366,027</b>		<b>5366,027</b>			

Tabel 3.5 Neraca 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 <sub>2</sub> CHCOOH	52,550	0,729	52,550	0,729		
H <sub>2</sub> O dalam as. Akrilat	0,000	0,000	0,000	0,000		

KOMPONEN	Masuk		Keluar			
	Arus 6		Arus 7		Arus 8	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
CH3OH	229,155	7,152			229,155	7,152
H2O dalam metanol	0,000	0,000			0,000	0,000
H2SO4	394,934	4,027	394,934	4,027		
H2O dalam H2SO4	0,000	0,000	0,000	0,000		
CH2CHCOOCH3	307,629	3,573	30,7629	0,3573	276,866	3,216
H2O	1451,786	80,610	1016,250	56,427	435,536	24,183
<b>Total</b>	<b>2436,054</b>	<b>96,091</b>	<b>1494,497</b>	<b>61,540</b>	<b>941,557</b>	<b>34,551</b>
<b>kmol/jam</b>	<b>96,091</b>		<b>96,091</b>			
<b>kg/jam</b>	<b>2436,054</b>		<b>2436,054</b>			

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
CH2CHCOOCH3	3045,530	35,376	15,228	0,177	3030,303	35,199
H2O	596,845	33,140	593,861	32,974	2,984	0,166
<b>Total</b>	<b>3642,376</b>	<b>68,516</b>	<b>609,089</b>	<b>33,151</b>	<b>3033,287</b>	<b>35,365</b>
<b>kmol/jam</b>	<b>68,516</b>		<b>68,516</b>			
<b>kg/jam</b>	<b>3642,376</b>		<b>3642,376</b>			

**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
CH <sub>3</sub> OH	229,155	7,152			229,155	7,152
H <sub>2</sub> O dalam metanol	0,000	0,000			0,000	0,000
CH <sub>2</sub> CHCOOCH <sub>3</sub>	276,866	3,216	276,866	3,216		
H <sub>2</sub> O	435,536	24,183	435,536	24,183		
<b>Total</b>	<b>941,557</b>	<b>34,551</b>	<b>712,402</b>	<b>27,399</b>	<b>229,155</b>	<b>7,152</b>
<b>kmol/jam</b>	<b>34,551</b>		<b>34,551</b>			
<b>kg/jam</b>	<b>941,557</b>		<b>941,557</b>			

## 3.2.5 Neraca Panas

**Tabel 3.8 Neraca Panas Pada Reactor**

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
Panas umpan masuk	48.033,067	Panas produk keluar	329.618,389
Panas reaksi	875.581,228	Pendingin yang dibutuhkan	593.995,906
<b>Total</b>	<b>923.614,295</b>	<b>Total</b>	<b>923.614,295</b>

**Tabel 3.9 Neraca Panas Pada Decanter**

Masuk (kj/jam)		Keluar (kj/jam)	
Panas umpan masuk	329618,3888	Panas produk keluar atas	87691,168
		Panas produk keluar bawah	241927,221
<b>Total</b>	<b>329618,389</b>	<b>Total</b>	<b>329618,389</b>

**Tabel 3.10 Neraca Panas Pada Menara Distilasi 01**

masuk (Kj/jam)		Keluar (Kj/jam)	
Panas dalam umpan	560,476	Beban panas kondensor	501.789,008
Beban panas reboiler	752.391,003	Panas dalam distilat	250.775,3
		Panas dalam bottom	387,168
<b>Total</b>	<b>752.951,478</b>	<b>Total</b>	<b>752.951,478</b>

**Tabel 3.11 Neraca Panas Pada Menara Distilasi 02**

masuk		Keluar	
Panas dalam umpan	537,591	Beban panas kondensor	2.497,264
Beban panas reboiler	2.586,686	Panas dalam distilat	438,609
		Panas dalam bottom	188,403
<b>Total</b>	<b>3.124,277</b>	<b>Total</b>	<b>3.124,277</b>

**Tabel 3.12 Neraca Panas Pada Separator**

<b>Masuk (kj/jam)</b>		<b>Keluar (kj/jam)</b>	
Panas umpan masuk	50,520	Panas produk keluar atas	17,597
		Panas produk keluar bawah	32,923
<b>Total</b>	<b>50,520</b>	<b>Total</b>	<b>50,520</b>

### 3.3 Spesifikasi Alat/Mesin Produk

#### 3.3.1 Reaktor

Kode : R-01

Tugas : Mereaksikan methanol sebanyak 1374,0550 kg/jam dan asam akrilat sebanyak 2627,5031 kg/jam dengan menggunakan katalis asam sulfat sebanyak 394,9336 kg/jam

Bahan Konstruksi : Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304

Tipe : CSTR

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

P : 1 atm

T : 55<sup>0</sup>C

Dimensi shell :

Diameter tangki : 72 in (1,8288 m)

Tinggi Tangki : 143,25 in ( 3,6386 m)

Tebal Shell : 0,1875 in

Dimensi head :

Bentuk : torishperical dished head

Tebal head : 0,25 in

Tinggi total : 98,19 in (2,49 m)

Luas muka reactor : 27,7013 m<sup>2</sup>

Pengaduk :

Tipe : marine propeller with 3 blades and pitch 2Di

Jumlah : 1 buah

Diameter : 23,8750 in (0,6064 m)

Kecepatan : 174,82 menit

Power : 2,4519 hp

Tinggi cairan : 93,1125 in (2,3651 m)

Jarak pengaduk dari dasar tangki : 31,0375 in ( 0,778 m )

Jaket pendingin

Tinggi jaket	: 2,43 m
Jarak antara tangki dan jaket	: 2,5 in
Diameter tangki	: 1,953 m
Tebal jacket	: 0,25 in
Beban panas pendingin	: 875581 btu/jam
Tinggi cairan	: 98,19 in (2,49 m)
Suhu masuk	: 30 °C
Suhu keluar	: 45 °C

### 3.3.2 Decanter

Kode	: DC
Fungsi	: memisahkan campuran berdasarkan kelarutan
Jenis	: Continuous gravity decanter
Bentuk	: silinder horizontal;
Bahan	: stainless steel AISI 316

#### Kondisi operasi

Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 55 °C
Waktu tinggal	: 2 menit
Tebal shell	: 0,1875 in
Tebal head	: 0,1875 in
Tinggi head	: 7,165 in (0,182) m
Diameter decanter	: 0,7 m



Panjang decanter : 1,4 m  
 Tinggi keluaran atas : 0,67 m  
 Tinggi keluaran bawah : 0,5 m

#### Pipa pemasukan

Do<sub>pt</sub> masuk : 35,1130 in (1,37 mm)  
 Schedule number : 40  
 Inside diameter : 1,6190 in  
 Outside diameter : 1,90 in

#### Pipa pengeluaran

Do<sub>pt</sub> top prod : 25,976 mm ( 1,02 mm)  
 Schedule number : 40  
 Inside diameter : 1,38 in  
 Outside diameter : 1,06 in  
 Do<sub>pt</sub> bottom prod: 22,717 in ( 0,887 mm)  
 Schedule number : 40  
 Inside diameter : 1,049 in  
 Outside diameter : 1,32 in

### 3.3.3 Menara Distilasi 01

Fungsi : Me *recycle* asam sulfat sebanyak 394,934 yang akan dikembalikan ke reactor pertama

Jenis : *Sieve Plate*

Bahan : *stainless steel SA285*

Jumlah	: 1 buah
Tekanan operasi	: 1 atm
Suhu top	: 94,28 °C
Suhu bottom	: 102,37 °C
Tinggi menara	: 10,60 m
Diameter	: 0,87 m
Tebal shell	: 4,7625 mm
Jenis head	: torishperical dished head
Tebal head	: 4,7625 mm
Tebal isolator	: 0,01739 m
Pipa umpan	: 2 in IPS
Pipa hasil atas menuju condenser plate 1	: 16 in (IPS)
Pipa refluks distilat	: 1 in (IPS)
Pipa pengeluaran bottom	: ½ in (IPS)
Pipa refluks bottom	: 0,75 in (IPS)

#### 3.3.4 Menara distilasi 02

Fungsi	: Memisahkan produk <i>Methyl Acrylate</i> dan air dengan top product larutan <i>Methyl Acrylate</i> 99,5%
Jenis	: <i>Sieve Plate</i>
Bahan	: <i>stainless steel SA285</i>
Jumlah	: 1 buah
Tekanan operasi	: 1 atm

Suhu top : 80,99 °C  
 Suhu bottom : 100,04 °C  
 Tinggi menara : 17 m  
 Diameter : 1,37 m  
 Tebal shell : 4,7625 mm  
 Jenis head : torishperical dished head  
 Tebal head : 4,7625 mm  
 Tebal isolator : 0,02 m  
 Pipa umpan : 2 in IPS  
 Pipa hasil atas menuju condenser plate 1 : 16 in (IPS)  
 Pipa refluks distilat : 1 in (IPS)  
 Pipa pengeluaran bottom : 1,25 in (IPS)  
 Pipa refluks bottom : 12 in (IPS)

### 3.3.5 Separator

Tugas : memisahkan campuran uap cair bahan keluar kondenser  
 Jenis : silinder horizontal  
 Diameter vessel : 0,4572 m  
 Waktu tinggal : 5 menit  
 Panjang tangki : 1,3287 m  
 Tebal shell :  
     Inside diameter : 18 in ( 45,72 cm )  
     Outside diameter : 18,5 in ( 46,990 cm )

Panjang : 52,3 in (133 cm)

Standart : 0,25 in

Tebal head : 0,1875 in

Dimensi total separator :

Inside diameter : 18 in ( 45,72 cm )

Outside diameter : 18,5 in ( 46,990 cm)

Panjang : 1,33 m

### 3.3.6 Condensor 01 (C-01)

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 574,2985 kj/jam

Luas Penampang pipa : 0,640 ( digunakan double pipe)

Panjang pipa : 12 ft<sup>2</sup>

Hot fluid :

Suhu masuk : 94,30 °C

Suhu keluar : 86,73 °C

Cold fluid :

Suhu masuk : 30 °C

Suhu keluar : 45 °C

Fluida panas ( annulus) :

IPS : 4 in

OD : 4,5 in

ID : 4,025 in

Pressure drop : 0,067 psi

Fluida dingin (inner pipe)

IPS : 3 in

OD : 3,5 in

ID : 3,068 in

Surface : 0,917

Pressure drop : 0,004

### 3.3.7 Condensor 02 (C-02)

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 5577665,3162 kj/jam

Luas Penampang pipa : 203 ( digunakan double pipe)

Panjang pipa : 12 ft<sup>2</sup>

Hot fluid :

Suhu masuk : 76<sup>0</sup>C

Suhu keluar : 55<sup>0</sup>C

Cold fluid :

Suhu masuk : 30<sup>0</sup>C

Suhu keluar : 45<sup>0</sup>C

Fluida panas ( annulus) :

IPS : 4 in

OD : 4,5 in

ID : 4,025 in

Pressure drop : 0,098 psi

Fluida dingin (inner pipe)

IPS : 3 in

OD : 3,5 in

ID : 3,068 in

Pressure drop : 3,4 psi

Surface : 0,917

### 3.3.8 Condenser 03 (C-03)

Panjang pipa : 12 ft<sup>2</sup>

Suhu LMTD : 50,2065 °F

Hot fluid :

Suhu masuk : 80,9902 °C

Suhu keluar : 80,9099 °C

Cold fluid :

Suhu masuk : 30 °C

Suhu keluar : 45 °C

Ud : 75 Btu/ft<sup>2</sup>.h.F

Clean overall coefficient : 10,975 Btu/ft<sup>2</sup>.F

Surcafe actual : 655,5869 ft<sup>2</sup>

Dirt factor : 0,003

Fluida panas ( annulus) :

IPS : 4 in

OD : 4,5 in  
 ID : 4,025 in  
 Pressure drop : 0,098 psi

Fluida dingin (inner pipe)

IPS : 3 in  
 OD : 3,5 in  
 ID : 3,068 in  
 Pressure drop : 3,4 psi  
 Surface : 0,917

3.3.9 Reboiler 01

Fungsi : menguapkan sebagian liquid hasil bawah md 01  
 Jumlah : 1 buah  
 Beban panas : 2020 kj/jam  
 Fluida : medium organic  
 Luas transfer panas : 0,145 ft<sup>2</sup> ( double pipe)

Hot fluid

Suhu masuk : 180 C  
 Suhu keluar : 180 C

Cold fluid

Suhu masuk : 95 C  
 Suhu keluar : 102 C

Fluida panas ( annulus )

D1 : 1,66 in

D2 : 2,067 in

Pressure drop : 0,0512 psi

### 3.3.10 Reboiler 02

Fungsi : menguapkan sebagian liquid hasil bawah md 02

Jumlah : 1 buah

Beban panas : 2.586,686 kj/jam

Fluida : light organic

Luas transfer panas : 0,133 ft<sup>2</sup> ( double pipe)

Hot fluid

Suhu masuk : 180 C

Suhu keluar : 180 C

Cold fluid

Suhu masuk : 95 C

Suhu keluar : 102 C

Fluida panas ( annulus )

D1 : 2,38 in

D2 : 2,469 in

Pressure drop : 0,00105 psi

### 3.3.11 Accumulator

Kode alat : ACC 01



Fungsi : Sebagai penampung arus keluaran condenser pada menara distilasi untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar

Tipe : tangki silinder horizontal

Volume : 36,157 gall

Material : stainless steel SA 316

Diameter : 11,96 in

Panjang : 17,93 in

Tebal shell : 0,1875 in

Tebal head : 0,1875 in

Tinggi head : 4 in

Panjang tangki total : 26,316 in

### 3.3.12 Accumulator

Kode alat : ACC 02

Fungsi : Sebagai penampung arus keluaran condenser pada menara distilasi untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar

Tipe : tangki silinder horizontal

Volume : 114,31 gall

Material : stainless steel SA 316

Diameter : 17,4475 in  
Panjang : 104,68 in  
Tebal shell : 0,1875 in  
Tebal head : 0,1875 in  
Tinggi head : 5,1 in  
Panjang tangki total : 114,92 in

### 3.3.13 Tangki Penyimpanan

#### 1. Tangki penyimpanan asam akrilat

Tugas : menyimpan asam akrilat sebanyak 2580,208 kg/jam  
selama 7 hari

Kondisi operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Jenis : Torishperical

Material : Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316

Volume tangki : 14903,38577 ft<sup>3</sup>

Kapasitas : 506,4194 m<sup>3</sup>

Dimensi tangki :

Diameter : 12,2 m

Tinggi : 5,49 m  
 Tebal head : 0,3125 in  
 Tinggi : 2,157 m  
 Jumlah course : 3

## 2. Tangki penyimpanan methanol

Tugas : menyimpan methanol sebanyak 1374,055 kg/jam  
 selama 14 hari  
 Kondisi operasi :  
 Tekanan : 1 atm  
 Suhu : 30 °C  
 Jenis : Torishperical  
 Material : Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316  
 Volume tangki : 17997,152 ft<sup>3</sup>  
 Kapasitas : 611,5461 m<sup>3</sup>  
 Dimensi tangki :  
 Diameter : 13,7250 m  
 Tinggi : 5,49 m  
 Tebal shell : 0,3125 in  
 Tinggi head : 1,138 in  
 Tebal head : 0,75 in

Jumlah course : 3

### 3. Tangki penyimpanan asam sulfat

Tugas : menyimpan asam sulfat sebanyak 394,934 kg/jam  
selama 7 hari

Kondisi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Jenis : Torishperical

Material : Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316

Volume tangki : 1284,833 ft<sup>3</sup>

Kapasitas : 43,6588 m<sup>3</sup>

Dimensi tangki :

Diameter : 6,1 m

Tinggi : 3,05 m

Tebal shell : 0,25 in

Tinggi head : 0,5624 m

Tebal head : 0,4375 in

Jumlah course : 2

#### 4. Tangki penyimpanan *Methyl Acrylate* 01

Tugas	:	menyimpan <i>Methyl Acrylate</i> sebanyak 1515,152 kg/jam selama 7 hari
Kondisi	:	
Tekanan	:	1 atm
Suhu	:	30 °C
Jenis	:	Torishperical
Material	:	Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316
Volume tangki	:	9540,899 ft <sup>3</sup>
Kapasitas	:	324,2013 m <sup>3</sup>
Dimensi tangki	:	
Diameter	:	10,67 m
Tinggi	:	5,49 m
Tebal shell	:	0,25 in
Tinggi head	:	0,6436 m
Tebal head	:	0,3125 in
Jumlah course	:	3

#### 5. Tangki penyimpanan *Methyl Acrylate* 02

Tugas	:	menyimpan <i>Methyl Acrylate</i> sebanyak 1515,152kg/jam selama 7 hari
Kondisi operasi	:	

Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30 °C
Jenis	: Torishperical
Material	: Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316
Volume tangki	: 9540,899 ft <sup>3</sup>
Kapasitas	: 324,2013 m <sup>3</sup>
Dimensi tangki	:
Diameter	: 10,67 m
Tinggi	: 5,49 m
Tebal shell	: 0,25 in
Tinggi head	: 0,6436 m
Tebal head	: 0,3125 in
Jumlah course	: 3

### 3.3.14 Heat exchanger

#### 1. Heater 01

Kode alat	: HE-01
Fungsi	: Menaikkan suhu kondisi operasi tangki asam akrilat 30 <sup>0</sup> C ke suhu reactor 80 <sup>0</sup> C
Tipe	: Double pipe
Jumlah	: 1
Beban panas	: 4960,5823 kj/jam
Kebutuhan steam	: 2,464086 kg/jam

$\Delta T_{lmtD}$  : 246,816 F  
 Suhu dingin rata-rata : 108,5 F  
 Suhu panas rata-rata : 356 F  
 Material : stainless steel SA 316  
 Luas transfer panas : 0,1905 ft  
 Pipa :  
 Annulus  
 Inside diameter : 0,21 ft  
 Outside diameter : 0,11 ft  
 Inner pipe :  
 Inside diameter : 0,09 ft  
 Clean overall coefficient : 154,17  
 Rd terhitung : 0,0035  
 Pressure drop annulus : 0,00000022 psi  
 Pressure drop inner : 0,30 psi

## 2. Heater 02

Kode alat : HE-02  
 Fungsi : Menaikkan suhu kondisi operasi tangki methanol  
 30<sup>0</sup>C ke suhu reactor 80<sup>0</sup>C  
 Tipe : Double pipe  
 Jumlah : 1  
 Beban panas : 52044,09 kj/jam

Kebutuhan steam : 25,852 kg/jam  
 $\Delta T_{lmtd}$  : 246,816 F  
 Surface outside : 0,34  
 Panjang pipa : 12 ft  
 Suhu dingin rata-rata : 108,5 F  
 Suhu panas rata-rata : 356 F  
 Material : stainless steel SA 316  
 Luas transfer panas : 1,9989 ft  
 Pipa :  
 Annulus  
 Inside diameter : 0,21 ft  
 Outside diameter : 0,11 ft  
 Inner pipe :  
 Inside diameter : 0,09 ft  
 Clean overall coefficient : 143,24  
 Ud for light organic : 100 btu/ft<sup>2</sup>.h.F  
 Rd terhitung : 0,003  
 Pressure drop annulus : 0,0000119 psi  
 Pressure drop inner : 0,119 psi

### 3. Heater 03

Kode alat : HE-03



Fungsi : Menaikkan suhu kondisi operasi tangki asam sulfat  
 30<sup>0</sup>C ke suhu reactor 80<sup>0</sup>C

Tipe : Double pipe

Jumlah : 1

Beban panas : 119833,1548 kj/jam

Kebutuhan steam : 59,52 kg/jam

$\Delta T_{lmtd}$  : 246,816 F

Surface outside : 0,44

Panjang pipa : 12 ft

Suhu dingin rata-rata : 108,5 F

Suhu panas rata-rata : 356 F

Material : stainless steel SA 316

Luas transfer panas : 20,9 ft

Pipa :

Annulus

Inside diameter : 0,21 ft

Outside diameter : 0,14 ft

Inner pipe :

Inside diameter : 0,12 ft

Clean overall coefficient : 23,42 btu/jam. Ft<sup>2</sup>.<sup>0</sup>F

Ud for heavy organic : 6 btu/ft<sup>2</sup>.h.F

Rd terhitung : 0,0027

Pressure drop annulus : 0,000069 psi

Pressure drop inner : 0,006 psi

#### 4. Heater 04

Kode alat : HE-04

Fungsi : Menaikkan suhu 55 °C dari decanter menuju MD 01  
dengan suhu 95,5°C

Tipe : Double pipe

Jumlah : 1

Beban panas : 332420,15 kj/jam

Kebutuhan steam : 165,1241 kg/jam

$\Delta T_{lmtD}$  : 186,177 F

Surface outside : 0,44

Panjang pipa : 12 ft

Suhu dingin rata-rata : 108,5 F

Suhu panas rata-rata : 356 F

Material : stainless steel SA 316

Luas transfer panas : 16,92 ft

Pipa :

Annulus

Inside diameter : 0,21 ft

Outside diameter : 0,14 ft

Inner pipe :  
 Inside diameter : 0,12 ft  
 Clean overall coefficient : 173,96 btu/jam. Ft<sup>2</sup>.<sup>0</sup>F  
 Ud for heavy organic : 100 btu/ft<sup>2</sup>.h.F  
 Rd terhitung : 0,004  
 Pressure drop annulus : 0,00048 psi  
 Pressure drop inner : 0,1444 psi

#### 5. Heater 05

Kode alat : HE-05  
 Fungsi : Menaikkan suhu 32,9 <sup>0</sup>C dari separator menuju MD 02  
 dengan suhu 89<sup>0</sup>C  
 Tipe : Double pipe  
 Jumlah : 1  
 Beban panas : 325411,2771 kj/jam  
 Kebutuhan steam : 161,64 kg/jam  
 $\Delta T_{lmtd}$  : 210,26 F  
 Surface outside : 0,44  
 Panjang pipa : 12 ft  
 Suhu dingin rata-rata : 141,71 F  
 Suhu panas rata-rata : 356 F  
 Material : stainless steel SA 316  
 Luas transfer panas : 7,33 ft

Pipa :

Annulus

Inside diameter : 0,21 ft

Outside diameter : 0,14 ft

Inner pipe :

Inside diameter : 0,12 ft

Clean overall coefficient : 119,62 btu/jam. Ft<sup>2</sup>.<sup>0</sup>F

Ud for liquid organic : 200 btu/ft<sup>2</sup>.h.F

Rd terhitung : 0,0034

Pressure drop annulus : 0,00048 psi

Pressure drop inner : 0,218 psi

## 6. Cooler

Kode alat : CL-01

Fungsi : Menurunkan suhu 94,28 <sup>0</sup>C dari MD menuju separator

Tipe : Double pipe

Jumlah : 1

Beban pendingin : 52114,4368 kj/jam

Kebutuhan pendingin : 830,376 kg/jam

$\Delta T_{lmtd}$  : 85,718 F

Panjang pipa : 12 ft

Suhu dingin rata-rata : 99,5 F

Suhu panas rata-rata : 185 F

Material : stainless steel SA 316

Luas penampang pipa :  $7,684 \text{ ft}^2$

Pipa :

Annulus

Inside diameter :  $0,335 \text{ ft}$

Outside diameter :  $0,2917 \text{ ft}$

Inner pipe :

Inside diameter :  $0,255 \text{ ft}$

Clean overall coefficient :  $10,171 \text{ btu/jam. Ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

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

Rd terhitung :  $0,003$

Surface actual :  $8,160$

Pressure drop annulus :  $0,000292 \text{ psi}$

Pressure drop inner :  $0,0000839 \text{ psi}$

## 7. Cooler

Kode alat : CL-02

Fungsi : Menurunkan suhu  $80,99^\circ\text{C}$  dari MD menuju tangka penyimpanan

Tipe : Double pipe

Jumlah : 1

Beban pendingin :  $132823,87 \text{ kj/jam}$

Kebutuhan pendingin :  $2116,3773 \text{ kg/jam}$

$\Delta T_{lmtd}$	: 21,16 F
Panjang pipa	: 12 ft
Suhu dingin rata-rata	: 99,5 F
Suhu panas rata-rata	: 133 F
Material	: stainless steel SA 316
Luas penampang pipa	: 125 ft <sup>2</sup>
Pipa :	
Annulus	
Inside diameter	: 0,335 ft
Outside diameter	: 0,2917 ft
Inner pipe :	
Inside diameter	: 0,255 ft
Clean overall coefficient	: 15,171 btu/jam. Ft <sup>2</sup> . <sup>0</sup> F
Ud for heavy organic	: 50 btu/ft <sup>2</sup> .h.F
Rd terhitung	: 0,003
Required surface	: 432,42 ft <sup>2</sup>
Surface actual	: 432,824
Pressure drop annulus	: 0,0101 psi
Pressure drop inner	: 0,00041 psi

### 3.3.11 Pompa

#### 1. Pompa 01

Fungsi : Mengalirkan umpan Asam Akrilat dari tangki penyimpanan (T-01) ke Heater (HE-01) sebanyak 2606.27 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-01

Laju alir volumetric : 13,2824 gpm

Inside diameter pompa: 1,610 in

Outside diameter pompa: 1,9 in

Kecepatan linier fluida: 2,0943 ft/s

Flow area per pipe : 0,01416 ft<sup>2</sup>

Panjang pipa total : 28,44 m

Potential head : 9,8425 ft

Velocity head : 27,5595 ft.lbf/lbm

Friction head : 1,3036 ft.lbf/lbm

Pressure head : 0 lbf/ft<sup>2</sup>

Daya pompa : 0,7112 HP

Daya motor : 0,8888 HP

#### 2. Pompa 02

Fungsi : Mengalirkan umpan Metanol dari tangki penyimpanan (T-01) ke Heater (HE-01) sebanyak 1402.10 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-02

Laju alir volumetric : 9,4130 gpm

*Inside* diameter pompa: 1,380 in

*Outside* diameter pompa: 1,66 in

Kecepatan linier fluida: 2,0201 ft/s

Flow area per pipe : 0,01041 ft<sup>2</sup>

Panjang pipa total : 26,3495 m

Friction head : 1,2634 ft.lbf/lbm

Pressure head : 0 lbf/ft<sup>2</sup>

Potential head : 9,8425 ft

Velocity head : 11,1693 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,41856 HP

Daya motor : 0,5232 HP

### 3. Pompa 03

Fungsi : Mengalirkan umpan Asam Sulfat dari tangki penyimpanan (T-01) dan Arus Recycle dari MD-01 ke Heater (HE-01) sebanyak 39.493 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-03

Laju alir volumetric : 5,6919 gpm

Inside diameter pompa : 1,049 in



Outside diameter pompa : 1,32 in  
 Kecepatan linier fluida : 2,0201 ft/s  
 Flow area per pipe : 0,01041 ft<sup>2</sup>  
 Panjang pipa total : 26,3495 m  
 Friction head : 1,2634 ft.lbf/lbm  
 Pressure head : 0 lbf/ft<sup>2</sup>  
 Potential head : 9,8425 ft  
 Velocity head : 11,1693 ft.lbf/lbm  
 Daya pompa : 0,41856 HP  
 Daya motor : 0,75 HP

#### 4. Pompa 04

Fungsi : Mengalirkan output reaktor ke decanter sebanyak 5366.0272  
 kg/jam.  
 Jenis : centrifugal pumps  
 Kode alat : P-04  
 Laju alir volumetric : 1,2271 gpm  
 Inside diameter pompa : 2,067 in  
 Outside diameter pompa : 2,38 in  
 Kecepatan linier fluida : 0,1222 ft/s  
 Flow area per pipe : 0,02325 ft<sup>2</sup>  
 Panjang pipa total : 32,5247 m

Friction head	: 0,0033 ft.lbf/lbm
Pressure head	: 0 lbf/ft <sup>2</sup>
Potential head	: 9,8425 ft
Velocity head	: 0,0002 ft.lbf/lbm
Daya pompa	: 0,01096 HP
Daya motor	: 0,0137 HP

#### 5. Pompa 05

Fungsi	:Mengalirkan output bawah dekanter menuju menara distilasi 01 sebanyak 5366.0272 kg/jam.
Jenis	: centrifugal pumps
Kode alat	: P-05
Laju alir volumetric	: 11,7610 gpm
Inside diameter pompa	: 1,610 in
Outside diameter pompa	: 1,90 in
Kecepatan linier fluida	: 0,1222 ft/s
Flow area per pipe	: 0,01416 ft <sup>2</sup>
Panjang pipa total	: 28,446 m
Friction head	: 0,8511 ft.lbf/lbm
Pressure head	: 0 lbf/ft <sup>2</sup>
Potential head	: 9,8425 ft
Velocity head	: 0,0534 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,34987 HP

Daya motor : 0,4373 HP

#### 6. Pompa 06

Fungsi : Mengalirkan output atas dekanter dan output bawah separator menuju menara distilasi 02 sebanyak 3642.3757 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-06

Laju alir volumetric : 20,8060 gpm

Inside diameter pompa : 2,067 in

Outside diameter pompa : 2,38 in

Kecepatan linier fluida : 1,9903 ft/s

Flow area per pipe : 0,02325 ft<sup>2</sup>

Panjang pipa total : 32,5247 m

Friction head : 0,8390 ft.lbf/lbm

Pressure head : 0 lbf/ft<sup>2</sup>

Potential head : 9,8425 ft

Velocity head : 0,0616 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,2616 HP

Daya motor : 0,3268 HP

## 7. Pompa 07

Fungsi : Mengalirkan output atas menara distilasi 01 menuju separator sebanyak 5366.0272 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-07

Laju alir volumetric : 5,7115 gpm

Inside diameter pompa : 1,049 in

Outside diameter pompa : 1,32 in

Kecepatan linear fluida : 2,1213 ft/s

Flow area per pipe : 0,0060 ft<sup>2</sup>

Panjang pipa total : 20,82 m

Friction head : 1,4103 ft.lbf/lbm

Pressure head : 0 lbf/ft<sup>2</sup>

Potential head : 9,8425 ft

Velocity head : 0,0699 ft.lbf/lbm

Daya pompa : 0,23745 HP

Daya motor : 0,2968 HP

## 8. Pompa 08

Fungsi : Mengalirkan produk *Methyl Acrylate* menuju cooler sebanyak 3033.2871 kg/jam.

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-08

Laju alir volumetric	: 18,2840 gpm
Inside diameter pompa	: 2,067 in
Outside diameter pompa	: 2,38 in
Kecepatan linier fluida	: 1,7490 ft/s
Flow area per pipe	: 0,02325 ft <sup>2</sup>
Panjang pipa total	: 32,5247 m
Friction head	: 0,6420 ft.lbf/lbm
Pressure head	: 0 lbf/ft <sup>2</sup>
Potential head	: 9,8425 ft
Velocity head	: 0,0475 ft.lbf/lbm
Daya pompa	: 0,2508 HP
Daya motor	: 0,5 HP

#### 9. Pompa 09

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

Jenis : centrifugal pumps

Kode alat : P-09

Laju alir volumetric	: 1,6426 gpm
Inside diameter pompa	: 1,380 in
Outside diameter pompa	: 1,66 in
Kecepatan linier fluida	: 0,3525 ft/s
Flow area per pipe	: 0,0104 ft <sup>2</sup>

Panjang pipa total	: 26,3495 m
Friction head	: 0,0494ft.lbf/lbm
Pressure head	: 0 lbf/ft <sup>2</sup>
Potential head	: 9,8425 ft
Velocity head	: 0,0019 ft.lbf/lbm
Daya pompa	: 0,0757 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

