library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1. Spesifikasi Bahan Baku

A. Aseton Sianohidrin (Formosa Plastics)

Rumus molekul : C_4H_7NO
Bentuk fisik : Cair
Warna : Tidak berwarna
Berat molekul : 85,11 g/mol
Titik didih : 170,85ºC
Titik lebur : -19ºC
Densitas : 928 kg/m^3 (pada T = 30ºC)
Viskositas : 0,59 cP (pada T = 30ºC)
Kemurnian : Minimal 98% berat aseton sianohidrin
Impuritas : Maksimal 2% berat air

B. Asam Sulfat (PT Petrokimia Gresik)

Rumus molekul : H_2SO_4
Bentuk fisik : Cair
Warna : Tidak berwarna
Berat molekul : 98,08 g/mol
Titik didih : 336,85ºC
Titik lebur : 10,49ºC
Densitas : 1.826,97 kg/m^3 (pada T = 30ºC)
Viskositas : 19,70 cP (pada T = 30ºC)
Kemurnian : Minimal 98% berat asam sulfat
Impuritas : Maksimal 2% berat air

C. Metanol (PT Kaltim Methanol Industri)

Rumus molekul : CH_3OH

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Bentuk fisik : Cair

Warna : Tidak berwarna

Berat molekul : 32,04 g/mol

Titik didih : 64,75ºC

Titik lebur : -97ºC

Densitas : 782 kg/m^3 (pada T = 30ºC)

Viskositas : 0,51 cP (pada T = 30ºC)

Kemurnian : Minimal 85% berat metanol

Impuritas : Maksimal 15% berat air

2.1.2. Spesifikasi Produk

A. Metil Metakrilat

Rumus molekul : $C_5H_8O_2$

Bentuk fisik : Cair

Warna : Tidak berwarna

Berat molekul : 100,11 g/mol

Titik didih : 100,35ºC

Titik lebur : -48ºC

Densitas : 931,76 kg/m^3 (pada T = 30ºC)

Viskositas : 0,51 cP (pada T = 30ºC)

Kemurnian : 99,8% berat metil metakrilat

Impuritas : 0,2% impuritas

B. Amonium Bisulfat

Rumus molekul : NH_4HSO_4

Bentuk fisik : Cair

Warna : Tidak berwarna

Berat molekul : 115,12 g/mol

Titik didih : 216ºC

Titik lebur : -30ºC

Densitas : 1.247,88 kg/m^3 (pada T = 30ºC)

Viskositas : 0,51 cP (pada T = 30ºC)

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Kemurnian	: 98%
Impuritas	: Maksimal 2% asam sulfat

2.2. Konsep Proses

2.2.1. Dasar Reaksi

Menurut Kirk and Othmer (1995), reaksi pembentukan metil metakrilat terdiri atas dua tahap. Tahap pertama adalah reaksi hidrolisis, yaitu reaksi pembentukan metakrilamid sulfat. Reaksi yang berlangsung sebagai berikut:

$$(CH_3)_2{-}\overset{\overset{OH}{||}}{C}{-}C{=}N_{(1)} + H_2SO_{4(1)} \longrightarrow CH_2{=}C(CH_3){-}\overset{\overset{O}{||}}{C}{-}NH_2.H_2SO_{4(1)}$$

Aseton Sianohidrin *Metakrilamid Sulfat*

Tahap kedua adalah reaksi esterifikasi, yaitu reaksi pembentukan metil metakrilat. Reaksi yang berlangsung sebagai berikut:

$$CH_2{=}C(CH_3){-}\overset{\overset{O}{||}}{C}{-}NH_2.H_2SO_{4(1)} + CH_3OH_{(1)} \longrightarrow CH_2{=}C(CH_3)COOCH_{3(1)} + NH_4HSO_{4(1)}$$

Metakrilamid Sulfat *Metanol* *Metil Metakrilat* *Amm. Bisulfate*

2.2.1.1. Reaksi Hidrolisis

Pada reaksi hidrolisis terjadi pembentukan metakrilamid sulfat sebagai intermediet melalui reaksi antara aseton sianohidrin dengan asam sulfat berlebih (1,6 mol asam sulfat per mol aseton sianohidrin) (Adu, 2008). Penambahan asam sulfat harus berlebih, karena jika kurang maka hasil reaksi akan berupa *slurry* atau padatan yang sangat sulit untuk didinginkan dan dipompa. Di samping itu, asam sulfat dan aseton sianohidrin harus dalam keadaan *hidrida* untuk menghindari terbentuknya *α–hidroxy isobutiramide*.

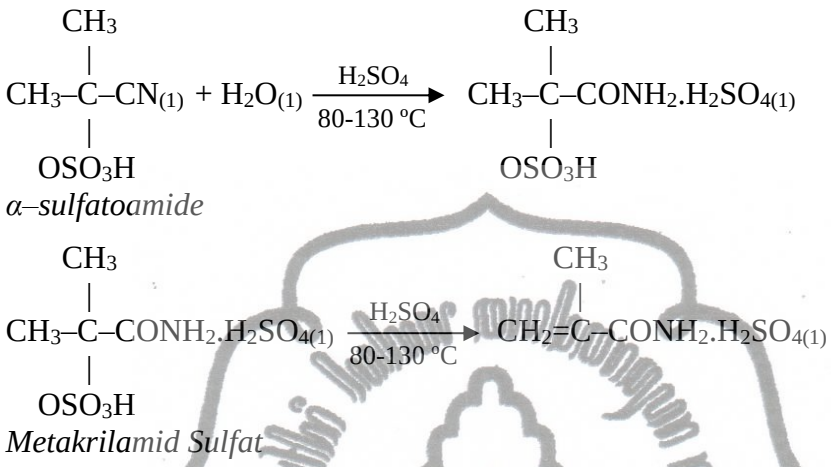
$$CH_3{-}\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}{-}CN_{(1)} \xrightarrow[80\text{-}130\ ^oC]{H_2SO_4} CH_3{-}\underset{\underset{OSO_3H}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}{-}CN_{(1)} + H_2O_{(1)}$$

Aseton Sianohidrin

$$H_2SO_4 \longrightarrow OH^- + SO_3H^+$$

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Gugus SO_3H^+ dari H_2SO_4 mensubstitusi atom H^+ dari gugus hidroksil Aseton sianohidrin, dan OH^- bereaksi dengan H^+ yang dilepas untuk membentuk H_2O.

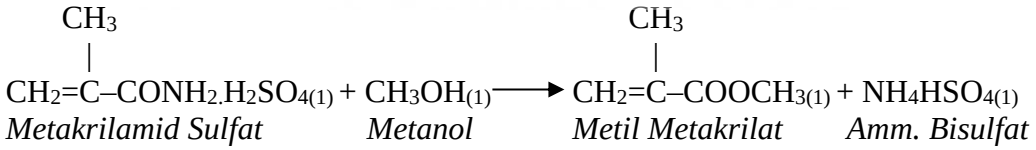


(Kirk and Othmer, 1995)

Senyawa yang terbentuk tidak stabil, sehingga terjadi ikatan rangkap 2 pada gugus metil dimana gugus tersebut melepas atom H^+.

2.2.1.2. Reaksi Esterifikasi

Kemudian metakrilamid sulfat yang terbentuk diesterifikasi dengan menambahkan metanol berlebih (3 mol metanol per mol metakrilamid sulfat) sehingga menghasilkan metil metakrilat (Adu, 2008).



(Kirk and Othmer, 1995)

2.2.2. Kondisi Operasi

Pada tahap hidrolisis, rentang suhu reaksi antara 80-130ºC, namun dalam hal ini suhu reaksi dijaga pada 130ºC. Jika suhu operasi di bawah 80ºC akan menyebabkan reaksi berjalan tidak sempurna, sehingga konversi metil metakrilat akan menurun. Suhu operasi di bawah 80ºC ini juga akan meningkatkan terbentuknya produk samping yang berupa turunan senyawa *α–hidroxy isobutiramide* sehingga kemurnian metil metakrilat yang dihasilkan akan menurun.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Jika suhu reaksi di atas 130ºC, maka akan memungkinkan terbentuknya produk samping yang tidak dikehendaki. Mengingat reaksinya yang bersifat endotermis (menyerap panas), maka untuk menghindari fluktuasi suhu yang dapat keluar dari rentang suhu yang dikehendaki, operasi dijaga pada suhu konstan yaitu pada suhu 130ºC dengan cara memasang jaket pemanas pada reaktor. Campuran reaktan dalam reaktor diusahakan selalu dalam keadaan homogen, dengan dilakukan pengadukan. Untuk itu, reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk. Hasil dari reaksi hidrolisis ini adalah metakrilamid sulfat.

Sedangkan pada tahap esterifikasi kondisi operasi dipilih 150ºC dan tekanan 7 atm. Mengingat reaksinya yang bersifat eksotermis (melepas panas), maka untuk menghindari fluktuasi suhu yang dapat keluar dari rentang suhu yang dikehendaki, operasi dijaga pada suhu konstan yaitu pada suhu 150ºC dengan cara memasang jaket pendingin pada reaktor.

2.2.3. Tinjauan Termodinamika

Konsep termodinamika bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat reaksi di tiap proses. Konsep termodinamika dapat ditinjau dari enthalpi pembentukan reaksi (eksotermis, endotermis) dan konstanta kesetimbangan reaksi (reversibel, irreversibel). Untuk mengetahui apakah reaksi bersifat eksotermis atau endotermis, maka perlu diketahui panas reaksinya yang dapat dihitung dengan cara mengurangkan panas pembentukan produk dengan panas pembentukan reaktan. Adapun reaksi pembentukan metil metakrilat berlangsung secara 2 tahap:

1. Reaksi Hidrolisis

$$C_4H_7NO_{(1)} + H_2SO_{4(1)} \longrightarrow C_4H_9NO_5S_{(1)}$$

Aseton Sianohidrin Asam Sulfat Metakrilamid Sulfat

Diketahui enthalpi reaksi pada suhu 25ºC (298 K) adalah sebagai berikut:

Tabel 2-1 Data ΔH_f^o Suhu 25ºC pada Reaksi Hidrolisis

Komponen	$\Delta H_f^o{}_{298}$, kJ/mol
Aseton Sianohidrin	-133,00
Asam Sulfat	-881,30
Metakrilamid Sulfat	-920,10

(Yaws,1999)

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Sehingga:

ΔH_f^o Produk = -920,10 kJ/mol

ΔH_f^o Reaktan = ((-133,00) + (-811,30)) kJ/mol

= -944,30 kJ/mol

ΔH^o_{298} = ΔH_f^o Produk - ΔH_f^o Reaktan

= ((-920,10) - (-868,10)) kJ/mol

= 24,20 kJ/mol

Hasil yang didapat dari perhitungan diatas adalah harga ΔH reaksi menunjukkan harga positif, maka reaksinya merupakan reaksi endotermis, artinya pada reaksi pembentukan metakrilamid sulfat menyerap sejumlah panas tertentu, sehingga reaktor memerlukan pemanas.

2. Reaksi Esterifikasi

$C_4H_9NO_5S_{(1)} + CH_3OH_{(1)} \longrightarrow C_5H_8O_{2(1)} + NH_4HSO_{4(1)}$

Metakrilamid Sulfat Metanol Metil Metakrilat Amm. Bisulfate

Diketahui enthalpi reaksi pada suhu 25°C (298 K) adalah sebagai berikut:

Tabel 2-2 Data ΔH_f^o Suhu 25°C pada Reaksi Esterifikasi

Komponen	$\Delta H_f^o{}_{298}$, kJ/mol
Metakrilamid Sulfat	-920,10
Metanol	-201,17
Metil Metakrilat	-347,36
Amonium Bisulfat	-1.042,91

(Yaws,1999)

Sehingga:

ΔH_f^o Produk = ((-347,36) + (-1.042,91)) kJ/mol

= -1.390,27 kJ/mol

ΔH_f^o Reaktan = ((-201,17) + (-920,10)) kJ/mol

= -1.121,27 kJ/mol

ΔH^o_{298} = ΔH_f^o Produk - ΔH_f^o Reaktan

= ((-1.390,27) - (-1.121,27)) kJ/mol

= -269 kJ/mol

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Hasil yang didapat dari perhitungan diatas adalah harga ΔH reaksi menunjukkan harga negatif, maka reaksi merupakan reaksi eksotermis. Artinya pada reaksi pembentukan metil metakrilat dilepaskan sejumlah panas tertentu, sehingga reaktor memerlukan pendingin.

Jika ditinjau dari energi Gibbs,

Tabel 2-3 Data ΔG_f^o Suhu 25°C Masing-Masing Komponen

Komponen	$\Delta G_f^o{}_{298}$, kJ/mol
Metanol	-166,73
Metil Metakrilat	-212,21
Metakrilamid Sulfat	-583,12
Aseton Sianohidrin	-36,99
Amonium Bisulfat	-569,14
Asam Sulfat	-490,95

(Yaws,1999)

Sehingga:

Reaksi Hidrolisis

ΔG_f^o Produk = -583,12 kJ/mol

ΔG_f^o Reaktan = ((-36,99) + (-490,95)) kJ/mol

= -527,94 kJ/mol

$\Delta G^o{}_{298}$ = ΔG_f^o Produk - ΔG_f^o Reaktan

= ((-583,12) - (-527,94)) kJ/mol

= -55,18 kJ/mol

Reaksi Esterifikasi

ΔG_f^o Produk = ((-212,21) + (-569,14)) kJ/mol

= -781,35 kJ/mol

ΔG_f^o Reaktan = ((-583,12) + (-166,73 kJ/mol

= -749,85 kJ/mol

$\Delta G^o{}_{298}$ = ΔG_f^o Produk - ΔG_f^o Reaktan

= ((-781,35) - (-749,85)) kJ/mol

= -31,53 kJ/mol

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Dimana,

$$\ln K = \frac{-\Delta G}{RT}$$

(Smith, 1975)

Reaksi Hidrolisis

$$\ln K = \frac{-(-55,18)}{0,008314 \times 298}$$

$$= 22,27$$

$$K_{298} = 4,70 \times 10^9$$

$$\ln \frac{K_{Toperasi}}{K_{298}} = \frac{\Delta H_{298}}{R}\left[\frac{1}{T_{operasi}} - \frac{1}{T_{298}}\right]$$

$$\ln \frac{K_{Toperasi}}{4,70 \times 10^9} = \frac{-(24,20)}{0,008314}\left[\frac{1}{403} - \frac{1}{298}\right]$$

$$\ln \frac{K_{Toperasi}}{4,70 \times 10^9} = \exp(-2,54)$$

$$K_{Toperasi} = 0,079 \times 4,70 \times 10^9$$

$$K_{Toperasi} = 3,71 \times 10^8$$

Reaksi Esterifikasi

$$\ln K = \frac{-(-31,53)}{0,008314 \times 298}$$

$$= 12,72$$

$$K_{298} = 3,34 \times 10^5$$

$$\ln \frac{K_{Toperasi}}{K_{298}} = \frac{\Delta H_{298}}{R}\left[\frac{1}{T_{operasi}} - \frac{1}{T_{298}}\right]$$

$$\ln \frac{K_{Toperasi}}{3,34 \times 10^5} = \frac{-(269)}{0,008314}\left[\frac{1}{423} - \frac{1}{298}\right]$$

$$\ln \frac{K_{Toperasi}}{3,34 \times 10^5} = \exp(-3,20)$$

$$K_{Toperasi} = 0,040 \times 3,34 \times 10^5$$

$$K_{Toperasi} = 1,36 \times 10^4$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa harga K sangat besar, artinya kecepatan reaksi ke kanan jauh lebih besar dari pada kecepatan reaksi ke kiri. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi berjalan ke kanan dan dianggap reaksi satu arah *(irreversible)*.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

2.2.4. Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika digunakan untuk menentukan nilai kecepatan laju reaksi, agar dapat digunakan untuk merancang reaktor. Laju reaksi kimia sangat dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi reaktan. Semakin besar konsentrasi reaktan yang digunakan, maka laju reaksi akan meningkat. Laju reaksi ($-r_A$) juga dipengaruhi oleh nilai konstanta laju reaksi (k). Konstanta laju reaksi (k) adalah perbandingan antara laju reaksi dengan konsentrasi reaktan yang mempengaruhi laju reaksi atau dapat didefinisikan perubahan konsentrasi per reaktan atau produk reaksi per satuan waktu (Fogler, 1992).

Reaksi pembentukan metil metakrilat, baik reaksi hidrolisis maupun reaksi esterifikasi merupakan reaksi orde 2 apabila ditinjau dari kinetikanya (Kirk and Othmer, 1995):

$$C_4H_7NO_{(1)} + H_2SO_{4(1)} \longrightarrow C_4H_9NO_5S_{(1)}$$

$$C_4H_9NO_5S_{(1)} + CH_3OH_{(1)} \longrightarrow C_5H_8O_{2(1)} + NH_4HSO_{4(1)}$$

Disederhanakan,

$$A + B \longrightarrow C + D$$

Dengan persamaan kecepatan reaksi:

$$(-rA) = k.C_A.C_B$$

$$C_A = C_{A0} - C_{A0}.X_A$$

$$C_B = C_{B0} - C_{A0}.X_A$$

$$-rA = k(C_{A0}(1-X_A))(C_{B0}-C_{A0}.X_A)$$

$$= k.C_{A0}^2(1-X_A)(\frac{C_{B0}}{C_{A0}}-X_A)$$

$$t = \frac{C_{A0}.X_A}{k.C_{A0}^2(1-X_A)(\frac{C_{B0}}{C_{A0}}-X_A)}$$

$$k = \frac{1}{t.C_{A0}(M-1)} \ln(\frac{M-X_A}{M(1-X_A)})$$

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

1. Reaksi Hidrolisis

$$C_4H_7NO_{(1)} + H_2SO_{4(1)} \longrightarrow C_4H_9NO_5S_{(1)}$$

Aseton Sianohidrin *Asam Sulfat* *Metakrilamid Sulfat*

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Dari Adu (2008) diperoleh,

M = 1,6

X_A = 0,98

t = 1 jam

$$k = \frac{1}{t.C_{A0}(M-1)} \ln\left(\frac{M-X_A}{M(1-X_A)}\right)$$

Dengan,

t : Waktu tinggal (jam)

C_{A0} : Konsentrasi aseton sianohidrin mula-mula (kmol/L)

C_{B0} : Konsentrasi asam sulfat mula-mula (kmol/L)

M : Perbandingan konsentrasi awal asam sulfat dengan aseton sianohidrin

X_A : Konversi terhadap aseton sianohidrin

k : Konstanta kecepatan reaksi (m^3/kmol.jam)

Sehingga dari perhitungan diperoleh harga konstanta kecepatan reaksi sebesar k = 0,9991 m^3/kmol.jam.

2. Reaksi Esterifikasi

$$C_4H_9NO_5S_{(1)} + CH_3OH_{(1)} \longrightarrow C_5H_8O_{2(1)} + NH_4HSO_{4(1)}$$

Metakrilamid Sulfat *Metanol* *Metil Metakrilat* *Amm. Bisulfate*

Dari Adu (2008) diperoleh,

M = 3

X_A = 0,97

t = 1 jam

$$k = \frac{1}{t.C_{A0}(M-1)} \ln\left(\frac{M-X_A}{M(1-X_A)}\right)$$

Dengan,

t : Waktu tinggal (jam)

C_{A0} : Konsentrasi metakrilamid sulfat mula-mula (kmol/L)

C_{B0} : Konsentrasi metanol mula-mula (kmol/L)

M : Perbandingan konsentrasi awal metanol dengan metakrilamid sulfat

X_A : Konversi terhadap metakrilamid sulfat

k : Konstanta kecepatan reaksi (m^3/kmol.jam)

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Sehingga dari perhitungan diperoleh harga konstanta kecepatan reaksi sebesar k = 0,5471 m^3/kmol.jam.

2.3. Diagram Alir dan Tahapan Proses

2.3.1. Diagram Alir Kualitatif

Diagram alir kualitatif dapat dilihat pada Gambar 2-1.

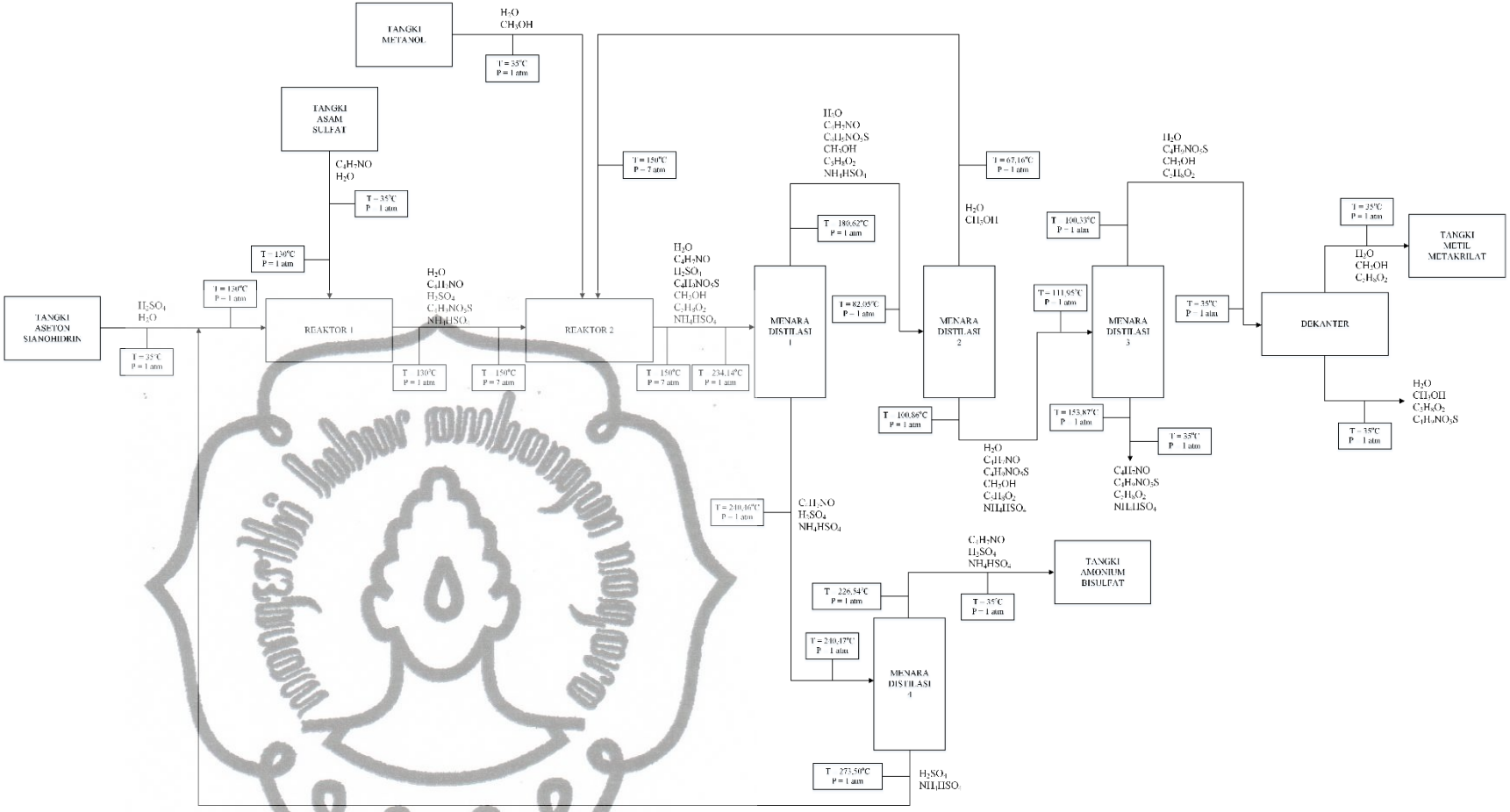
2.3.2. Diagram Alir Kuantitatif

Diagram alir kuantitatif dapat dilihat pada Gambar 2-2.

2.3.3. Diagram Alir Proses

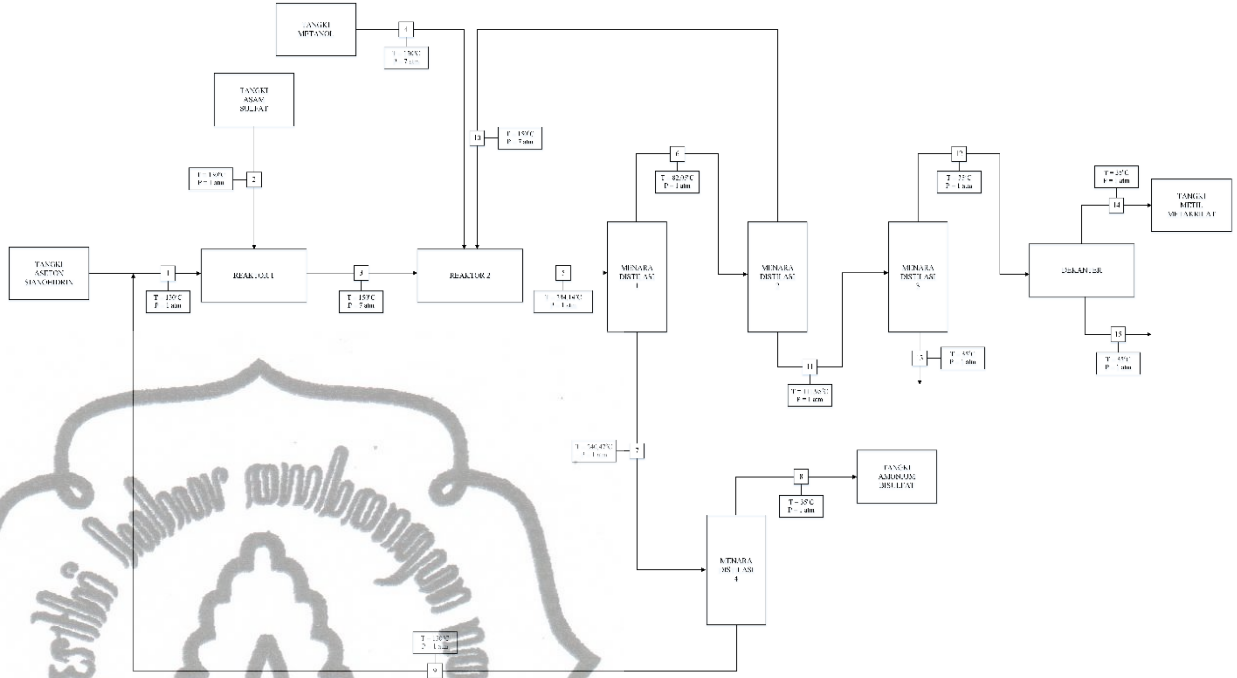
Diagram alir proses dapat dilihat pada Gambar 2-3.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id



Gambar 2-1 Diagram Alir Kualitatif

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

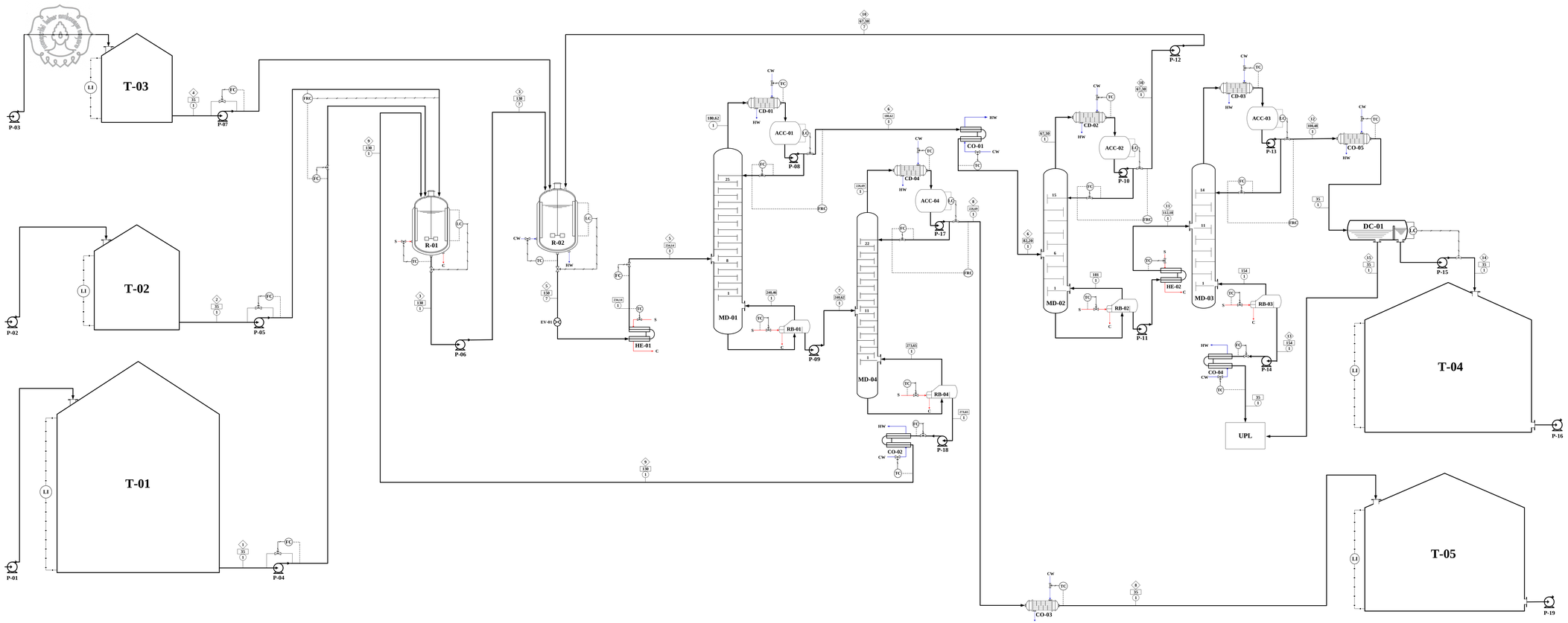


Komponen	Laju Alir (kg/jam)														
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15
CH_3OH	0,00	0,00	0,00	3.319,72	2.792,79	2.792,79	0,00	0,00	0,00	2.736,94	55,86	55,86	0,00	16,16	39,69
H_2O	186,13	214,95	401,08	585,83	1.042,77	1.042,77	0,00	0,00	0,00	55,86	986,92	986,92	0,00	4,04	982,88
$C_5H_8O_2$	0,00	0,00	0,00	0,00	10.198,06	10.198,06	0,00	0,00	0,00	0,00	10.198,06	10.096,08	101,98	10.080,81	15,27
$C_4H_9NO_5S$	0,00	0,00	19.238,45	0,00	577,15	577,15	0,00	0,00	0,00	0,00	577,15	5,77	571,38	0,00	5,77
C_4H_7NO	9.120,59	0,00	182,41	0,00	182,41	180,59	1,82	1,82	0,00	0,00	180,59	0,00	180,59	0,00	0,00
NH_4HSO_4	0,00	0,00	232,20	0,00	11,959,30	119,59	11.839,71	11.602,92	236,79	0,00	119,59	0,00	119,59	0,00	0,00
H_2SO_4	0,00	10.532,47	6.516,50	0,00	6.516,50	0,00	6.516,50	236,79	6.279,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	9.306,72	10.747,42	26.570,64	3.905,56	33.268,99	14.910,96	18.358,03	11.841,53	6.516,50	2.792,79	12.118,17	11.144,62	973,54	10.101,01	1.043,61

Gambar 2-2 Diagram Alir Kuantitatif

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

DIAGRAM ALIR PROSES
PRARANCANGAN PABRIK METIL METAKRILAT DARI ASETON SIANOHIDRIN, ASAM SULFAT, DAN METANOL KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN



KETERANGAN GAMBAR

ACC	: *Accumulator*
CD	: *Condenser*
CO	: *Cooler*
DC	: Dekanter
EV	: *Expansion Valve*
HE	: *Heater*
MD	: Menara Distilasi
P	: Pompa
R-01	: Reaktor Hidrolisis
R-02	: Reaktor Esterifikasi
RB	: *Reboiler*
ST	: *Stripper*
T-01	: Tangki Penyimpan Aseton Sianohidrin
T-02	: Tangki Penyimpan Asam Sulfat
T-03	: Tangki Penyimpan Metanol
T-04	: Tangki Penyimpan Metil Metakrilat
T-05	: Tangki Penyimpan Amonium Bisulfat
S	: *Steam*
C	: *Condensate*
HW	: *Hot Water*
CW	: *Cooling Water*
LC	: *Level Controller*
LI	: *Level Indicator*
FC	: *Flow Controller*
FCR	: *Flow Ratio Controller*
TC	: *Temperature Controller*
----------	: Elektrik
————	: Pneumatik
—·—·—	: Mekanik
◇	: Arus
□	: Suhu (ºC)
○	: Tekanan (atm)
⋈	: *Gate Valve*

Komponen	Laju Alir (kg/jam)														
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15
CH_3OH	0,00	0,00	0,00	3.319,72	2.792,79	2.792,79	0,00	0,00	0,00	2.736,94	55,86	55,86	0,00	16,16	39,69
H_2O	186,13	214,95	401,08	585,83	1.042,77	1.042,77	0,00	0,00	0,00	55,86	986,92	986,92	0,00	4,04	982,88
$C_5H_8O_2$	0,00	0,00	0,00	0,00	10.198,06	10.198,06	0,00	0,00	0,00	0,00	10.198,06	10.096,08	101,98	10.080,81	15,27
$C_4H_9NO_5S$	0,00	0,00	19.238,45	0,00	577,15	577,15	0,00	0,00	0,00	0,00	577,15	5,77	571,38	0,00	5,77
C_4H_7NO	9.120,59	0,00	182,41	0,00	182,41	180,59	1,82	1,82	0,00	0,00	180,59	0,00	180,59	0,00	0,00
NH_4HSO_4	0,00	0,00	232,20	0,00	11.959,30	119,59	11.839,71	11.602,92	236,79	0,00	119,59	0,00	119,59	0,00	0,00
H_2SO_4	0,00	10.532,47	6.516,50	0,00	6.516,50	0,00	6.516,50	236,79	6.279,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	9.306,72	10.747,42	26.570,64	3.905,56	33.268,99	14.910,96	18.358,03	11.841,53	6.516,50	2.792,79	12.118,17	11.144,62	973,54	10.101,01	1.043,61

DIAGRAM ALIR PROSES
PRARANCANGAN PABRIK METIL METAKRILAT DARI ASETON SIANOHIDRIN, ASAM SULFAT, DAN METANOL
KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh:
Agnolla Emely Gupitasari — I 0516002
Hanifah Ayu Pratiwi — I 0516019

Dosen Pembimbing I
Ir. Mujtahid Kaavessina, S.T., M.T., Ph.D. IPM
NIP. 197909242003121002

Dosen Pembimbing II
Aida Nur Ramadhani, S.T., M.T.
NIP. 199203072019032022

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

2.3.4. Tahapan Proses

Proses pembuatan metil metakrilat yang menggunakan bahan baku aseton sianohidrin, asam sulfat, dan metanol pada dasarnya dapat dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

1. Tahap penyiapan bahan baku,
2. Tahap reaksi,
3. Tahap pemisahan dan pemurnian produk.

2.3.4.1. Tahap Penyiapan Bahan Baku

Aseton disimpan dalam fase cair pada suhu 35ºC tekanan 1 atm di dalam tangki penyimpanan (T-01), pada kondisi demikian aseton sianohidrin dalam keadaan cair karena aseton sianohidrin mendidih pada suhu 170,85ºC tekanan 1 atm. Dari tangki penyimpan, aseton sianohidrin dialirkan menuju reaktor hidrolisis (R-01) dengan menggunakan pompa (P-04). Asam sulfat 98% disimpan dalam fase cair pada suhu 35ºC tekanan 1 atm di dalam tangki (T-02). Dari tangki penyimpan, asam sulfat dialirkan menuju menuju reaktor hidrolisis (R-01) dengan bantuan pompa (P-05). Reaktor hidrolisis (R-01) beroperasi pada suhu 130ºC dan tekanan 1 atm. Sedangkan metanol 85% disimpan dalam fase cair pada suhu 35ºC tekanan 1 atm di dalam tangki penyimpan (T-03). Dari tangki penyimpan, metanol dialirkan menuju reaktor esterifikasi (R-02) dengan bantuan pompa (P-07). Reaktor esterifikasi (R-02) beroperasi pada suhu 150ºC dan tekanan 7 atm.

2.3.4.2. Tahap Reaksi

Reaksi pembentukan metil metakrilat terdiri atas 2 tahap, yaitu:

1. Tahap Pembentukan Metakrilamid Sulfat

   Metakrilamid sulfat merupakan senyawa intermediet yang merupakan produk dari reaktor hidrolisis (R-01). Reaktor tersebut merupakan reaktor alir tangki berpengaduk dengan jaket pendingin dan fase reaksi cair-cair. Kondisi operasi di dalam reaktor yaitu suhu 130ºC dan tekanan 1 atm. Pada reaksi ini, aseton sianohidrin dan asam sulfat berfungsi sebagai reaktan. Konversi reaksi yang terjadi sebesar 98%. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis, untuk itu agar reaksi

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

dapat dijaga tetap pada *range* suhu operasi, maka pada reaktor ini dipasang jaket pendingin. Hasil keluaran reaktor ini adalah metakrilamid sulfat, sisa aseton sianohidrin, sisa asam sulfat dan air yang kemudian dialirkan ke reaktor esterifikasi (R-02) untuk direaksikan dengan metanol.

2. Reaksi Pembentukan Metil Metakrilat

Reaksi pembentukan metil metakrilat terjadi di reaktor esterifikasi (R-02) yang juga merupakan reaktor alir tangki berpengaduk. Reaksi yang terjadi dalam reaktor esterifikasi ini bersifat eksotermis, sehingga perlu dilengkapi dengan jaket pendingin. Kondisi operasi di dalam reaktor esterifikasi ini yaitu pada suhu 150ºC tekanan 7 atm. Metakrilamid sulfat yang berasal dari reaktor hidrolisis (R-01) direaksikan dengan metanol sehingga membentuk metil metakrilat. Konversi reaksi yang terjadi adalah 97%.

Hasil keluaran reaktor adalah metil metakrilat, amonium bisulfat, sisa metakrilamid sulfat, sisa metanol, sisa aseton sianohidrin, sisa asam sulfat, dan air. Kemudian hasil dari reaktor esterifikasi ini dialirkan ke tahap pemisahan dan pemurnian produk.

2.3.4.3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Hasil keluaran atau produk reaktor esterifikasi (R-02) dialirkan menuju menara distilasi 1 (MD-01) untuk dipisahkan dari asam-asamnya. Menara distilasi 1 ini beroperasi pada suhu 234,14ºC tekanan 1 atm, sehingga hasil keluaran reaktor perlu diturunkan tekanannya dengan menggunakan *expansion valve* sampai kondisi operasi menara distilasi 1. Hasil atas (*light product*) berupa metil metakrilat, aseton sianohidrin, metakrilamid sulfat, metanol dan air dengan suhu 180,62ºC dan tekanan 1 atm. Hasil bawah (*heavy product*) terdiri dari amonium bisulfat, asam sulfat, dan sedikit aseton sianohidrin dengan suhu 240,46ºC dan tekanan 1 atm. Hasil bawah akan diproses untuk memisahkan asam sulfat dan amonium bisulfat dengan menara distilasi 4 (MD-04), sedangkan hasil atas akan diumpankan ke menara distilasi 2 (MD-02) pada suhu 82,05ºC dan tekanan 1 atm.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Pada menara distilasi 4 (MD-04), amonium bisulfat, asam sulfat, dan sedikit aseton sianohidrin dipisahkan sebagai hasil atas dengan suhu 226,54ºC dan tekanan 1 atm. Hasil bawah berupa asam sulfat dan sedikit amonium bisulfat dengan suhu 273,50ºC dan tekanan 1 atm di-*recycle* menuju reaktor hidrolisis (R-01).

Pada menara distilasi 2 (MD-02), metanol dan sedikit air dipisahkan sebagai hasil atas dengan suhu 67,16ºC dan tekanan 1 atm dan di-*recycle* kembali sebagai umpan reaktor esterifikasi (R-02). Hasil bawah berupa metil metakrilat, aseton sianohidrin, metakrilamid sulfat, air, dan sedikit metanol diumpankan ke menara distilasi 3 (MD-03) pada suhu 111,95ºC tekanan 1 atm.

Pada menara distilasi 3 (MD-03) sebagai hasil bawah diperoleh aseton sianohidrin dan metakrilamid sulfat dengan suhu 153,87ºC dan tekanan 1 atm. Aseton sianohidrin dan metakrilamid sulfat dibuang ke unit pengolahan limbah. Hasil atas berupa metil metakrilat, air, dan metanol dengan suhu 100,33ºC dan tekanan 1 atm yang kemudian diturunkan suhu 35ºC dan tekanan 1 atm untuk diumpankan ke dekanter (DC-01). Di dekanter, metil metakrilat dan metanol dipisahkan. Hasil produk yang berupa metil metakrilat dimasukkan ke tangki penyimpan produk (T-04).

2.4. Neraca Massa dan Neraca Panas Total

2.4.1. Neraca Massa Total

Neraca massa total dapat dilihat pada Tabel 2-4.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 2-4 Neraca Massa Total

Komponen	*Input* (kg/jam)			*Output* (kg/jam)			
	Arus 1	Arus 2	Arus 4	Arus 8	Arus 13	Arus 14	Arus 15
CH_3OH	0,00	0,00	3.319,72	0,00	0,00	16,16	39,69
H_2O	186,13	214,95	585,83	0,00	0,00	4,04	982,88
$C_5H_8O_2$	0,00	0,00	0,00	0,00	101,98	10.080,81	15,27
$C_4H_9NO_5S$	0,00	0,00	0,00	0,00	571,38	0,00	5,77
C_4H_7NO	9.120,59	0,00	0,00	1,82	180,59	0,00	0,00
NH_4HSO_4	0,00	0,00	0,00	11.602,92	119,59	0,00	0,00
H_2SO_4	0,00	10.532,47	0,00	236,79	0,00	0,00	0,00
Sub Total	9.306,72	10.747,42	3.905,56	11.841,53	973,54	10.101,01	1.043,61
Total	**23.959,70**			**23.959,70**			

2.4.1.1. Neraca Massa di Sekitar Reaktor Hidrolisis (R-01)

Neraca massa di sekitar reaktor hidrolisis (R-01) dapat dilihat pada Tabel 2-5.

Tabel 2-5 Neraca Massa di Sekitar Reaktor Hidrolisis (R-01)

Komponen	*Input* (kg/jam)			*Output* (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 9	Arus 3
H_2O	186,13	214,95	0,00	401,08
$C_4H_9NO_5S$	0,00	0,00	0,00	19.238,45
C_4H_7NO	9.120,59	0,00	0,00	182,41
NH_4HSO_4	0,00	0,00	232,20	232,20
H_2SO_4	0,00	10.532,47	6.284,30	6.516,50
Total	**9.306,72**	**10.747,42**	**6.516,50**	**26.570,64**
	26.570,64			**26.570,64**

2.4.1.2. Neraca Massa di Sekitar Reaktor Esterifikasi (R-02)

Neraca massa di sekitar reaktor esterifikasi (R-02) dapat dilihat pada Tabel 2-6.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 2-6 Neraca Massa di Sekitar Reaktor Esterifikasi (R-02)

Komponen	*Input* (kg/jam)			*Output* (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 10	Arus 5
CH_3OH	0,00	3.319,72	2.736,94	2.792,79
H_2O	401,08	585,83	55,86	1.042,77
$C_5H_8O_2$	0,00	0,00	0,00	10.198,06
$C_4H_9NO_5S$	19.238,45	0,00	0,00	577,15
C_4H_7NO	182,41	0,00	0,00	182,41
NH_4HSO_4	232,20	0,00	0,00	11.959,30
H_2SO_4	6.516,50	0,00	0,00	6.516,50
Total	**26.570,64**	**3.905,56**	**2.792,79**	**33.268,99**
	33.268,99			**33.268,99**

2.4.1.3. Neraca Massa Menara Distilasi 1 (MD-01)

Neraca massa menara distilasi (MD-01) dapat dilihat pada Tabel 2-7.

Tabel 2-7 Neraca Massa Menara Distilasi 1 (MD-01)

Komponen	*Input* (kg/jam)	*Output* (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
CH_3OH	2.792,79	2.792,79	0,00
H_2O	1.042,77	1.042,77	0,00
$C_5H_8O_2$	10.198,06	10.198,06	0,00
$C_4H_9NO_5S$	577,15	577,15	0,00
C_4H_7NO	182,41	180,59	1,82
NH_4HSO_4	11.959,30	119,59	11.839,71
H_2SO_4	6.516,50	0,00	6.516,50
Total	**33.268,99**	**14.910,96**	**18.358,03**
	33.268,99	**33.268,99**	

2.4.1.4. Neraca Massa Menara Distilasi 2 (MD-02)

Neraca massa menara distilasi 2 (MD-02) dapat dilihat pada Tabel 2-8.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 2-8 Neraca Massa Menara Distilasi 2 (MD-02)

Komponen	*Input* (kg/jam)	*Output* (kg/jam)	
	Arus 6	Arus 10	Arus 11
CH_3OH	2.792,79	2.736,94	55,86
H_2O	1.042,77	55,86	986,92
$C_5H_8O_2$	10.198,06	0,00	10.198,06
$C_4H_9NO_5S$	577,15	0,00	577,15
C_4H_7NO	180,59	0,00	180,59
NH_4HSO_4	119,59	0,00	119,59
Total	**14.910,96**	**2.792,79**	**12.118,17**
	14.910,96	**14.910,96**	

2.4.1.5. Neraca Massa Menara Distilasi 3 (MD-03)

Neraca massa menara distilasi 3 (MD-03) dapat dilihat pada Tabel 2-9.

Tabel 2-9 Neraca Massa Menara Distilasi 3 (MD-03)

Komponen	*Input* (kg/jam)	*Output* (kg/jam)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
CH_3OH	55,86	55,86	0,00
H_2O	986,92	986,92	0,00
$C_5H_8O_2$	10.198,06	10.096,08	101,98
$C_4H_9NO_5S$	577,15	5,77	571,38
C_4H_7NO	180,59	0,00	180,59
NH_4HSO_4	119,59	0,00	119,59
Total	**12.118,17**	**11.144,62**	**973,54**
	12.118,17	**12.118,17**	

2.4.1.6. Neraca Massa Menara Distilasi 4 (MD-04)

Neraca massa menara distilasi 4 (MD-04) dapat dilihat pada Tabel 2-10.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 2-10 Neraca Massa Menara Distilasi 4 (MD-04)

Komponen	*Input* (kg/jam)	*Output* (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
C_4H_7NO	1,82	1,82	0,00
NH_4HSO_4	11.839,71	11.602,92	236,79
H_2SO_4	6.516,50	236,79	6.279,71
Total	**18.358,03**	**11.841,53**	**6.516,50**
	18.358,03	**18.358,03**	

2.4.1.7. Neraca Massa Dekanter (DC-01)

Neraca massa dekanter (DC-01) dapat dilihat pada Tabel 2-11.

Tabel 2-11 Neraca Massa Dekanter (DC-01)

Komponen	*Input* (kg/jam)	*Output* (kg/jam)	
	Arus 12	Arus 14	Arus 15
CH_3OH	55,86	16,16	39,69
H_2O	986,92	4,04	982,88
$C_5H_8O_2$	10.096,08	10.080,81	15,27
$C_4H_9NO_5S$	5,77	0,00	5,77
Total	**11.144,62**	**10.101,01**	**1.043,61**
	11.144,62	**11.144,62**	

2.4.2. Neraca Panas Total

Neraca panas total dapat dilihat pada Tabel 2-12.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 2-12 Neraca Panas Total

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
Arus 1	2.992.247,51	
Arus 2	1.747.424,37	
Arus 4	1.440.667,52	
Arus 10	963.246,87	
Arus 13		220.921,02
Arus 14		186.478,26
Arus 15		42.492,75
Arus 8		7.310.062,71
Panas Reaksi R-01	2.541.462,46	
Pemanas R-01	4.967.841,73	
Panas Reaksi R-02	27.402.636,34	
Pendingin R-02		23.856.345,83
Beban CD-01		6.632.120,39
Beban RB-01	2.763.125,15	
Beban CD-02		6.193.308,50
Beban RB-02	6.553.115,45	
Beban CD-03		2.868.322,56
Beban RB-03	2.943.551,77	
Beban CD-04		10.282.698,51
Beban RB-04	9.722.099,43	
Steam HE-01	7.803.045,41	
Steam HE-02	251.756,88	
Pendingin CO-01		2.355.311,11
Pendingin CO-02		1.578.675,43
Pendingin CO-03		7.296.510,95
Pendingin CO-04		191.438,38
Pendingin CO-05		1.556.083,69
Total	**72.092.220,89**	**72.092.220,89**

2.4.2.1. Neraca Panas di Reaktor Hidrolisis (R-01)

Neraca panas di reaktor hidrolisis (R-01) dapat dilihat pada Tabel 2-13.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 2-13 Neraca Panas di Reaktor Hidrolisis (R-01)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
Arus 1	2.992.247,51	
Arus 9	1.060.304,20	
Arus 2	1.747.424,37	
Arus 3		3.373.596,82
Panas Reaksi	2.541.462,46	
Pendingin		4.967.841,73
Total	**8.341.438,55**	**8.341.438,55**

2.4.2.2. Neraca Panas di Reaktor Esterifikasi (R-02)

Neraca panas di reaktor esterifikasi (R-02) dapat dilihat pada Tabel 2-14.

Tabel 2-14 Neraca Panas di Reaktor Esterifikasi (R-02)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
Arus 3	4.055.519,17	
Arus 10	963.246,87	
Arus 4	1.440.667,52	
Arus 5		10.005.724,07
Panas Reaksi	27.402.636,34	
Pendingin		23.856.345,83
Total	**33.862.069,90**	**33.862.069,90**

2.4.2.3. Neraca Panas di Menara Distilasi 1 (MD-01)

Neraca panas di menara distilasi 1 (MD-01) dapat dilihat pada Tabel 2-15.

Tabel 2-15 Neraca Panas di Menara Distilasi 1 (MD-01)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
Arus 5	17.808.788,69	
Arus 6		2.486.581,95
Arus 7		11.453.211,49
Beban *Condenser*		6.632.120,39
Beban *Reboiler*	2.763.125,15	
Total	**20.571.913,83**	**20.571.913,83**

2.4.2.4. Neraca Panas di Menara Distilasi 2 (MD-02)

Neraca panas di menara distilasi 2 (MD-02) dapat dilihat pada Tabel 2-16.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 2-16 Neraca Panas di Menara Distilasi 2 (MD-02)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
Arus 6	1.851.373,85	
Arus 10		290.709,26
Arus 11		1.920.471,54
Beban *Condenser*		6.193.308,50
Beban *Reboiler*	6.553.115,45	
Total	**8.404.489,30**	**8.404.489,30**

2.4.2.5. Neraca Panas di Menara Distilasi 3 (MD-03)

Neraca panas di menara distilasi 3 (MD-03) dapat dilihat pada Tabel 2-17.

Tabel 2-17 Neraca Panas di Menara Distilasi 3 (MD-03)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
Arus 11	2.219.586,83	
Arus 12		2.073.895,02
Arus 13		220.921,02
Beban *Condenser*		2.868.322,56
Beban *Reboiler*	2.943.551,77	
Total	**5.163.138,60**	**5.163.138,60**

2.4.2.6. Neraca Panas di Menara Distilasi 4 (MD-04)

Neraca panas di menara distilasi 4 (MD-04) dapat dilihat pada Tabel 2-18.

Tabel 2-18 Neraca Panas di Menara Distilasi 4 (MD-04)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
Arus 7	10.508.759,12	
Arus 8		7.310.062,71
Arus 9		2.638.097,33
Beban *Condenser*		10.282.698,51
Beban *Reboiler*	9.722.099,43	
Total	**20.230.858,55**	**20.230.858,55**

2.4.2.7. Neraca Panas di Dekanter (DC-01)

Neraca panas di dekanter (DC-01) dapat dilihat pada Tabel 2-19.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 2-19 Neraca Panas di Dekanter (DC-01)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
Arus 12	228.971,01	
Arus 14		186.478,26
Arus 15		42.492,75
Total	**228.971,01**	**228.971,01**

2.4.2.8. Neraca Panas di *Heater* 1 (HE-01)

Neraca panas di *heater* 1 (HE-01) dapat dilihat pada Tabel 2-20.

Tabel 2-20 Neraca Panas di *Heater* 1 (HE-01)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
CH_3OH	953.992	1.756.644,44
H_2O	548.753,67	947.851,39
$C_5H_8O_2$	2.541.303,74	4.622.281,51
$C_4H_9NO_5S$	73.864,56	130.734,50
C_4H_7NO	70.161,71	124.183,87
NH_4HSO_4	4.601.522,33	8.130.397,05
H_2SO_4	1.227.373,18	2.107.923,85
Steam	7.803.045,41	
Total	**17.820.016,61**	**17.820.016,61**

2.4.2.9. Neraca Panas di *Heater* 2 (HE-02)

Neraca panas di *heater* 2 (HE-02) dapat dilihat pada Tabel 2-21.

Tabel 2-21 Neraca Panas di *Heater 2* (HE-02)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
CH_3OH	11.114,66	12.591,89
H_2O	313.322,37	352.614,86
$C_5H_8O_2$	1.487.952,31	1.684.352,88
$C_4H_9NO_5S$	43.639,27	49.334,75
C_4H_7NO	41.071,44	46.420,19
NH_4HSO_4	27.195,30	30.737,65
Steam	251.756,88	
Total	**2.176.052,23**	**2.176.052,23**

2.4.2.10. Neraca Panas di *Cooler* 1 (CO-01)

Neraca panas di *cooler* 1 (CO-01) dapat dilihat pada Tabel 2-22.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 2-22 Neraca Panas di *Cooler* 1 (CO-01)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
CH_3OH	1.225.016,13	413.667,01
H_2O	688.882,63	249.644,66
$C_5H_8O_2$	1.431.645,36	483.442,16
$C_4H_9NO_5S$	93.680,29	32.590,17
C_4H_7NO	88.085,76	30.692,37
NH_4HSO_4	58.363,94	20.326,64
Pendingin		2.355.311,11
Total	**3.585.674,12**	**3.585.674,12**

2.4.2.11. Neraca Panas di *Cooler* 2 (CO-02)

Neraca panas di *cooler* 2 (CO-02) dapat dilihat pada Tabel 2-23.

Tabel 2-23 Neraca Panas di *Cooler* 2 (CO-02)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
NH_4HSO_4	196.984,63	75.668,66
H_2SO_4	2.444.187,33	986.827,87
Pendingin		1.578.675,43
Total	**2.641.171,96**	**2.641.171,96**

2.4.2.12. Neraca Panas di *Cooler* 3 (CO-03)

Neraca panas di *cooler* 3 (CO-03) dapat dilihat pada Tabel 2-24.

Tabel 2-24 Neraca Panas di *Cooler* 3 (CO-03)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
C_4H_7NO	1.190,66	53,58
NH_4HSO_4	7.566.884,53	341.760,50
H_2SO_4	73.697,50	3.447,66
Pendingin		7.296.510,95
Total	**7.641.772,69**	**7.641.772,69**

2.4.2.13. Neraca Panas di *Cooler* 4 (CO-04)

Neraca panas di *cooler* 4 (CO-04) dapat dilihat pada Tabel 2-25.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 2-25 Neraca Panas di *Cooler* 4 (CO-04)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
C_4H_7NO	1.190,66	53,58
NH_4HSO_4	7.566.884,53	341.760,50
H_2SO_4	73.697,50	3.447,66
Pendingin		7.296.510,95
Total	**7.641.772,69**	**7.641.772,69**

2.4.2.14. Neraca Panas di *Cooler* 5 (CO-05)

Neraca panas di *cooler* 5 (CO-05) dapat dilihat pada Tabel 2-26.

Tabel 2-26 Neraca Panas di *Cooler* 5 (CO-05)

Komponen	*Input* (kJ/jam)	*Output* (kJ/jam)
CH_3OH	11.055,31	1.421,92
H_2O	311.732,94	41.950,19
$C_5H_8O_2$	1.465.251,88	188.962,26
$C_4H_9NO_5S$	434,10	56,17
Pendingin		1.556.083,69
Total	**1.788.474,23**	**1.788.474,23**

2.5. Tata Letak Pabrik dan Peralatan Proses

2.5.1. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, dan tempat penyimpanan bahan, baik bahan baku maupun produk. Ditinjau dari segi hubungan satu dengan yang lain, tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik dapat efisien dan kelancaran proses produksi dapat terjamin. Dalam penentuan tata letak pabrik harus memperhatikan penempatan alat-alat produksi agar keamanan, keselamatan, dan kenyamanan bagi karyawan dapat terpenuhi. Selain peralatan yang tercantum dalam *flow sheet* proses, beberapa bangunan fisik lain seperti kantor, bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, pos penjagaan, dan sebagainya harus ditempatkan pada bagian yang tidak menganggu lalu litas barang dan proses.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik, antara lain sebagai berikut:

1. Daerah Proses

   Daerah proses adalah daerah yang digunakan untuk menempatkan alat-alat yang berhubungan dengan proses produksi. Daerah proses ini diletakkan pada daerah yang terpisah dari bagian lain.

2. Keamanan

   Keamanan terhadap adanya kemungkinan bahaya kebakaran, ledakan, asap atau gas beracun, harus benar-benar diperhatikan dalam menentukan letak. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman seperti, hidran penampung air yang cukup, penahan ledakan tangki penyimpan bahan baku dan produk, serta perlu adanya jarak antara bangunan satu dengan yang lainnya untuk memberikan pertolongan dan penyediaan jalan bagi karyawan untuk menyelamatkan diri.

3. Luas Area yang Tersedia

   Harga tanah menjadi hal yang membatasi kemampuan penyediaan area. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga tanah sangat tinggi maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan di atas peralatan yang lain, ataupun lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar menghemat penyediaan tempat.

4. Instalasi dan Utilitas

   Penempatan instalasi yang tepat serta pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, udara, *steam*, dan listrik akan meningkatkan kelancaran operasi dan mempermudah dalam perawatannya.

Secara garis besar, tata letak pabrik dapat dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

1. Daerah Administrasi atau Perkantoran, Laboratorium, dan Ruang Kontrol

   Merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi, laboratorium, dan ruang kontrol. Ruang kontrol merupakan pusat

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

pengendalian proses, kualitas, dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual.

2. Daerah Proses

Daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung.

3. Daerah Pergudangan Umum, Bengkel, dan Garasi

4. Daerah Utilitas

Daerah dimana kegiatan penyediaan air, *steam*, udara tekan, dan listrik dipusatkan.

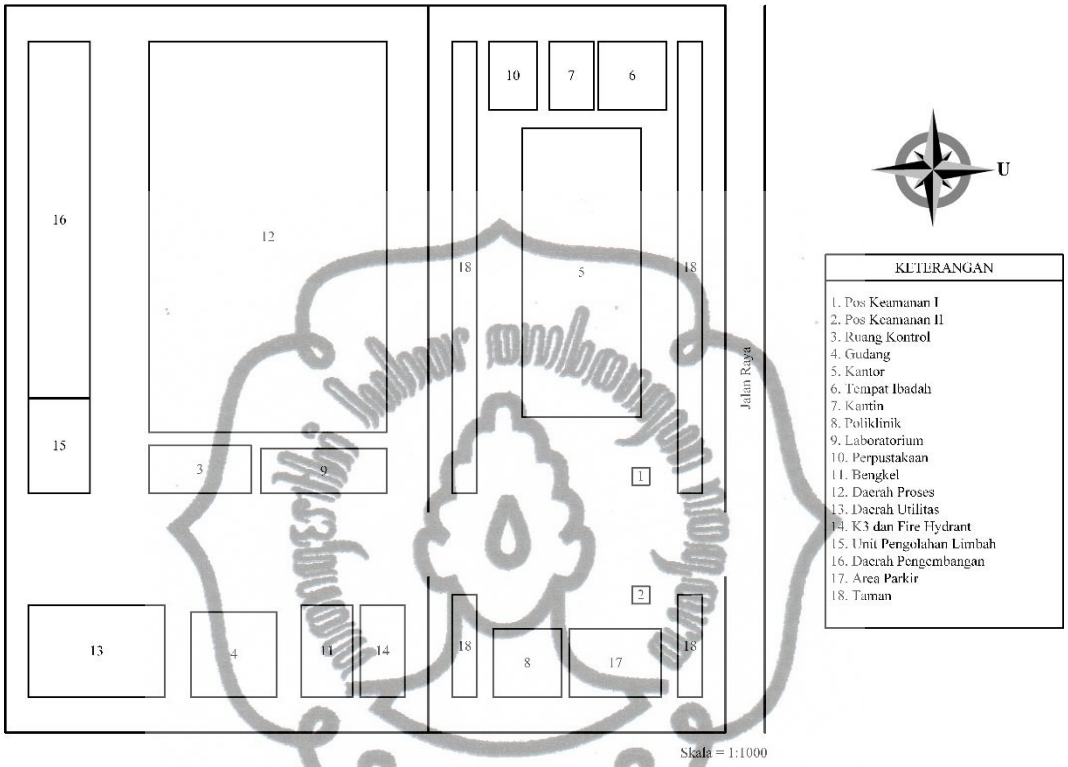
Perincian luas tanah bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2-27 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik

No	Bangunan	Ukuran (m)	Luas (m^2)
1.	Pos Keamanan I	(5 x 5)	25
2.	Pos Keamanan II	(5 x 5)	25
3.	Ruang Kontrol	(14 x 30)	420
4.	Gudang	(25 x 25)	625
5.	Kantor	(35 x 85)	2.975
6.	Tempat Ibadah	(20 x 20)	400
7.	Kantin	(20 x 13)	260
8.	Poliklinik	(20 x 20)	400
9.	Laboratorium	(37 x 13)	481
10.	Perpustakaan	(14 x 20)	280
11.	Bengkel	(15 x 27)	405
12.	Daerah Proses	(70 x 115)	8.050
13.	Daerah Utilitas	(40 x 27)	`1.080
14.	K3 dan *Fire Hydrant*	(13 x 27)	351
15.	Unit Pengolahan Limbah	(18 x 28)	504
16.	Daerah Pengembangan	(18 x 105)	1.890
17.	Area Parkir	(20 x 27)	540
18.	Taman	(160 x 10)	1.600
19.	Luas Bangunan	(No. 1 s/d 18)	19.231
20.	Luas Tanah	(214 x 212,5)	45.475

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tata letak pabrik metil metakrilat akan dirancang seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 2-4 Tata Letak Pabrik

2.5.2. Tata Letak Peralatan Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

   Aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu juga diperhatikan penempatan pipa, dimana untuk pipa diatas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas bekerja.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

2. Aliran Udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan supaya lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya. Arah hembusan angin juga perlu diperhatikan.

3. Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.

4. Lalu Lintas Manusia

Dalam hal perancangan tata letak peralatan, lalu lintas perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan alat proses maka harus cepat diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Tata Letak Alat Proses

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

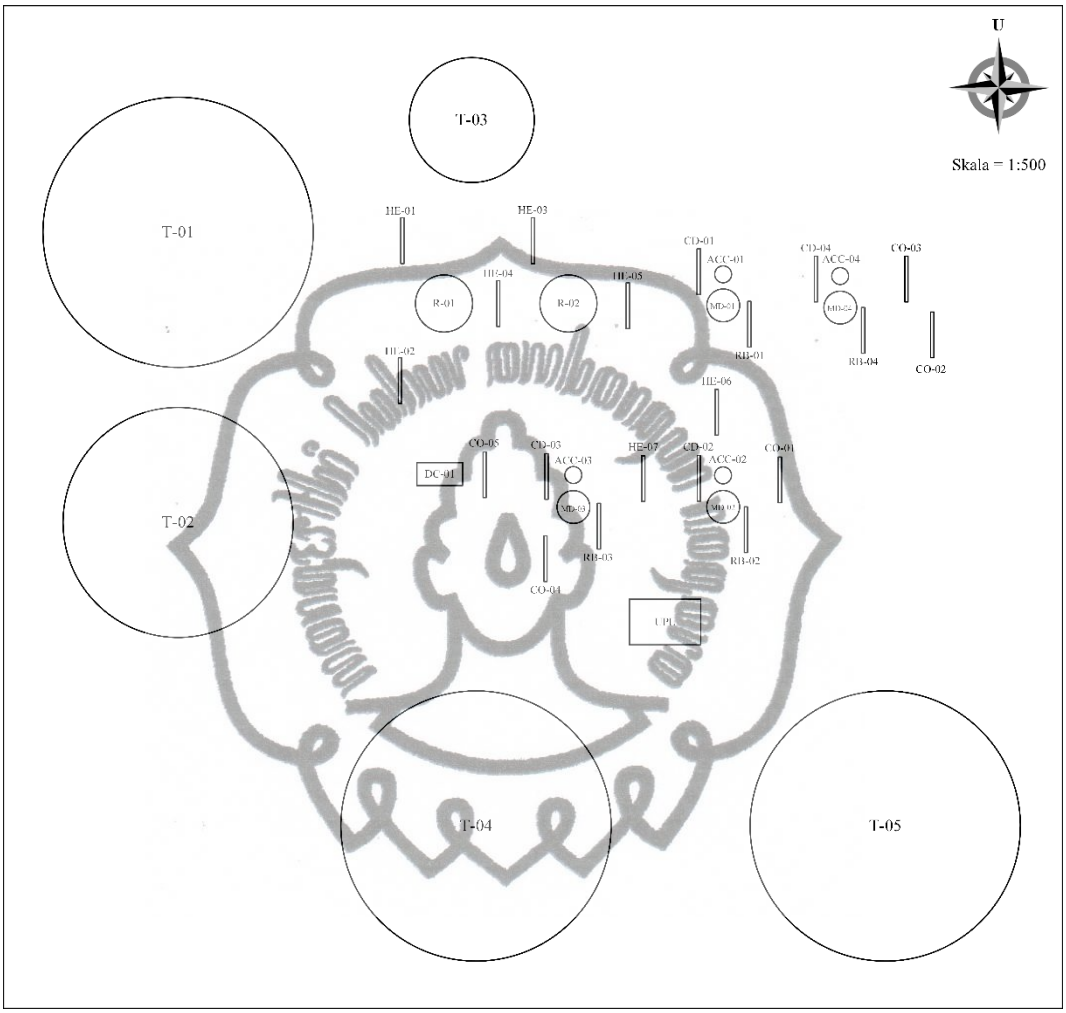
6. Jarak Antar Alat Proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya. Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga:

a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin.
b. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai.
c. Biaya material dikendalikan agar menjadi rendah, dengan tujuan untuk mengurangi pengeluaran kapital yang tidak penting.
d. Jika tata letak peralatan proses sedemikian rupa sehingga urutan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu untuk memakai alat angkut dengan biaya mahal.
e. Karyawan mendapatkan kepuasan kerja.

library.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tata letak peralatan pabrik metil metakrilat akan dirancang seperti pada gambar berikut ini:



Keterangan:

T	: Tangki	CD	: *Condenser*
R	: Reaktor	RB	: *Reboiler*
MD	: Menara Distilasi	HE	: *Heat Exchanger*
DC	: Dekanter	CO	: *Cooler*
ACC	: *Accumulator*		

Gambar 2-5 Tata Letak Peralatan Proses