

APPENDIKS B PERHITUNGAN NERACA PANAS

Kapasitas produksi	= 100000 Ton/Tahun
Jumlah hari kerja	= 1 Tahun = 330 Hari
Jumlah waktu kerja per hari	= 1 Hari = 24 Jam
Basis satuan	= Kg/jam
Kapasitas produksi	= $\frac{100000}{\text{Tahun}} \times \frac{1000}{\text{Ton}} \times \frac{1}{330} \times \frac{1}{24}$
	= 12626.2626 Kg/jam
Basis bahan baku	= 4365.9164 Kg/jam C ₂ H ₄
Suhu referensi	= 25 °C = 298.15 K
Suhu lingkungan	= 30 °C = 303.15 K
Satuan	= Kkal/jam
Steam yang digunakan	= Saturated Steam 190 °C = 463.15 K

Perhitungan neraca panas dilakukan pada alat - alat yang terjadi perpindahan panas

Data kapasitas panas komponen pada fase gas :

Komponen	Cp (J/mol.K)				
	A	B	C	D	E
CH ₃ COOCH=CH ₂	27.664	2.3366E-01	6.2106E-05	-1.697E-07	5.7917E-11
C ₂ H ₄	32.083	-1.4831E-12	2.4774E-07	-2.377E-07	6.8274E-11
C ₂ H ₆	28.146	4.3447E-02	1.8946E-07	-1.908E-07	5.3349E-11
CH ₄	34.942	-3.9957E-02	1.9184E-04	-1.530E-07	3.9321E-11
CH ₃ COOH	34.850	3.7626E-02	2.8311E-04	-3.077E-07	9.2646E-11
H ₂ O	33.933	-8.4186E-03	2.9906E-05	-1.783E-08	3.6934E-12
O ₂	29.526	-8.8999E-03	3.8083E-05	-3.263E-08	8.8607E-12
N ₂	29.342	-3.540E-03	1.0076E-05	-4.312E-09	2.5935E-13

$$C_p \text{ (J/mol.K)} = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

$$\Delta H = m \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$$

$$\Delta H = n \times A (T_2 - T_1) + B/2 (T_2^2 - T_1^2) + C/3 (T_2^3 - T_1^3) + D/4 (T_2^4 - T_1^4) + E/5 (T_2^5 - T_1^5)$$

(Carl L.yaws hal 32)^[20]

Data kapasitas panas komponen pada fase cair

Komponen	Cp (J/mol.K)			
	A	B	C	D
CH ₃ COOCH=CH ₂	63.910	7.0656E-01	-2.2832E-03	3.1788E-06
C ₂ H ₄	25.597	5.7078E-01	-3.3620E-03	8.4120E-06

C ₂ H ₆	38.332	4.1006E-01	-2.3024E-03	5.9347E-06
CH ₄	-0.018	1.1982E+00	-9.8722E-03	3.1670E-05
CH ₃ COOH	-18.944	1.0971E+00	-2.8921E-03	2.9257E-06
H ₂ O	92.053	-3.9953E-02	-2.1103E-04	5.3469E-07
O ₂	46.432	3.9506E-01	-7.0522E-03	3.990E-05
N ₂	76.452	-3.5226E-01	-2.6690E-03	5.006E-05

$$C_p \text{ (J/mol.K)} = A + BT + CT^2 + DT^3$$

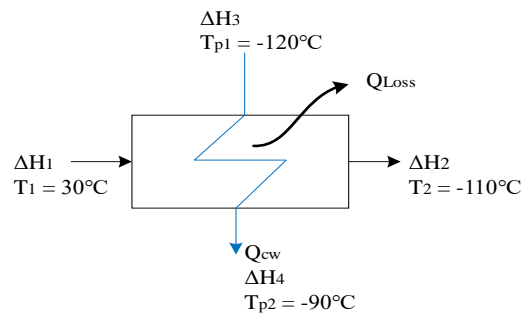
$$\Delta H = m \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$$

$$\Delta H = n \times A (T_2 - T_1) + B/2 (T_2^2 - T_1^2) + C/3 (T_2^3 - T_1^3) + D/4 (T_2^4 - T_1^4)$$

(Carl L.yaws hal 60)^[20]

1. STORAGE ETILENA (F-116)

Fungsi : Untuk mempertahankan suhu pada storage



Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan masuk

ΔH_2 = Panas bahan keluar

Q_{loss} = Panas yang hilang

Q_{cw} = Panas yang terkandung pada air pendingin

Direncanakan :

Suhu bahan masuk = 30.00 °C = 303.15 K

Suhu produk keluar = -110 °C = 163.15 K

Suhu referensi = 25 °C = 298.15 K

A. Menghitung panas yang terkandung pada bahan baku masuk

Komponen	Cp (J/mol.K)				
	A	B	C	D	E
C ₂ H ₄	32.083	-1.4831E-12	2.4774E-07	-2.377E-07	6.8274E-11
C ₂ H ₆	28.146	4.3447E-02	1.8946E-07	-1.908E-07	5.3349E-11
CH ₄	34.942	-3.9957E-02	1.9184E-04	-1.530E-07	3.9321E-11

Komponen	n (Kmol/jam)	T ₁ (K)	ΔH ₁ (kJ/jam)
C ₂ H ₄	155.1460	303.15	2.0327E+04

C ₂ H ₆	0.8186	303.15	1.4930E+02
CH ₄	0.2911	303.15	5.3020E+01
Total	156.2556		2.0530E+04

Panas yang terkandung dalam bahan masuk ($\Delta H_1 = 2.0530E+04$ kJ/jam

$$\Delta H_1 = 4906.720627 \text{ Kkal/jam}$$

B. Menghitung panas yang terkandung pada bahan keluar

Komponen	n (Kmol/jam)	T ₂ (K)	ΔH_2 (kJ/jam)
C ₂ H ₄	155.1460	163.15	-6.1069E+05
C ₂ H ₆	0.8186	163.15	-3.9577E+03
CH ₄	0.2911	163.15	-1.3483E+03
Total	156.2556		-615995.2951

Panas yang terkandung dalam bahan keluar ($\Delta H_2 = -615995.2951$ kJ/jam

$$\Delta H_2 = -147226.409 \text{ Kkal/jam}$$

C. Menghitung Q_{loss}

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 1\% \times \text{panas bahan baku masuk} \\ &= 1\% \times 4906.7206 \text{ Kkal/jam} \\ &= 49.0672 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

D. Menghitung kebutuhan air pendingin

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= \Delta H_2 + Q_{\text{cw}} + Q_{\text{loss}} \\ 4906.7206 &= -147226.4090 + Q_{\text{cw}} + 49.0672 \\ Q_{\text{cw}} &= 152084.0624 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

Menentukan massa air pendingin

$$\text{Pendingin masuk} = -120 \text{ }^\circ\text{C} = 153.15 \text{ K}$$

$$\text{Pendingin keluar} = -90 \text{ }^\circ\text{C} = 183.15 \text{ K}$$

$$C_p \text{ pendingin T masuk} = 43.6361 \text{ J/mol.K}$$

$$C_p \text{ pendingin T keluar} = 46.5773 \text{ J/mol.K} \quad (\text{Carl L.yaws})^{[20]}$$

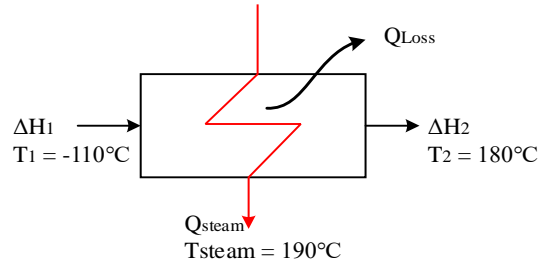
$$\begin{aligned} Q_{\text{cw}} &= m \times C_p \times \Delta T \\ 152084.0624 &= m \times 46.5773 \times 183.15 - 153.15 \text{ K} \\ m &= 108.8399 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Storage Etilena (F-116)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (Kkal/Jam)	Komponen	Energi (Kkal/Jam)
ΔH_1	4906.7206	ΔH_2	-147226.4090
		Q_{cw}	152084.0624

		Q_{loss}	49.0672
Total	4906.7206	Total	4906.7206

2. PREAHEATER ETILENA (E-117)

Fungsi : Untuk memanaskan etilena sebelum masuk ke dalam reaktor



Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan masuk preheater

ΔH_2 = Panas bahan keluar preheater menuju reaktor

Q_{steam} = Panas yang terkandung dalam pemanas

Q_{loss} = Panas yang hilang

Neraca panas overall :

$$\Delta H + Q_{\text{steam}} = \Delta H + Q_{\text{loss}}$$

Direncanakan

Suhu bahan masuk = $-110 \text{ }^\circ\text{C} = 163.15 \text{ K}$

Suhu bahan keluar = $180 \text{ }^\circ\text{C} = 453.15 \text{ K}$

Suhu referensi = $25 \text{ }^\circ\text{C} = 298.15 \text{ K}$

A. Menghitung panas yang terkandung pada bahan baku masuk

Komponen	Cp (J/mol.K)				
	A	B	C	D	E
C_2H_4	32.083	-1.4831E-12	2.4774E-07	-2.377E-07	6.8274E-11
C_2H_6	28.146	4.3447E-02	1.8946E-07	-1.908E-07	5.3349E-11
CH_4	34.942	-3.9957E-02	1.9184E-04	-1.530E-07	3.9321E-11

Komponen	n (Kmol/jam)	T_1 (K)	ΔH_1 (kJ/jam)
C_2H_4	155.1460	163.15	-6.1069E+05
C_2H_6	0.8186	163.15	-3.9577E+03
CH_4	0.2911	163.15	-1348.3477
Total	156.2556		-6.1600E+05

Panas yang terkandung dalam bahan masuk ($\Delta H_1 = -6.1600\text{E}+05 \text{ kJ/jam}$)

$$\Delta H_1 = -147226.409 \text{ Kkal/jam}$$

B. Menghitung panas yang terkandung pada bahan keluar

Komponen	Cp (J/mol.K)				
	A	B	C	D	E
C ₂ H ₄	32.083	-1.4831E-12	2.4774E-07	-2.377E-07	6.8274E-11
C ₂ H ₆	28.146	4.3447E-02	1.8946E-07	-1.908E-07	5.3349E-11
CH ₄	34.942	-3.9957E-02	1.9184E-04	-1.530E-07	3.9321E-11

Komponen	n (Kmol/jam)	T ₂ (K)	ΔH ₂ (kJ/jam)
C ₂ H ₄	155.1460	453.15	492010.9076
C ₂ H ₆	0.81861	453.15	4.4538E+03
CH ₄	0.2911	453.15	1.7947E+03
Total	156.2556		498259.3838

Panas yang terkandung dalam bahan keluar (ΔH₂ = 498259.3838 kJ/jam

$$\Delta H_2 = 119086.8508 \text{ Kkal/jam}$$

C. Panas yang hilang

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 1\% \times \text{panas bahan baku masuk} \\ &= 1\% \times -147226.409 \text{ Kkal/jam} \\ &= 1472.26409 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

D. Menentukan panas dari steam

Neraca panas overall :

$$\begin{aligned} \Delta H_1 + Q_{\text{steam}} &= \Delta H_2 + Q_{\text{loss}} \\ -147226.409 + Q_{\text{steam}} &= 119086.8508 + 1472.26409 \\ Q_{\text{steam}} &= 267785.5239 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

E. Menentukan massa steam sebagai pemanas (menggunakan steam saturated)

$$\text{Suhu steam} = 190 \text{ }^\circ\text{C} = 463.15 \text{ K}$$

$$H_v = 2786.40 \text{ kJ/Kg}$$

$$h_L = 807.62 \text{ kJ/Kg}$$

$$\lambda \text{ pada suhu steam} = 1978.78 \text{ kJ/Kg} = 472.93977 \text{ Kkal/Kg}$$

(Geankoplis A.2-9)^[21]

Kebutuhan steam :

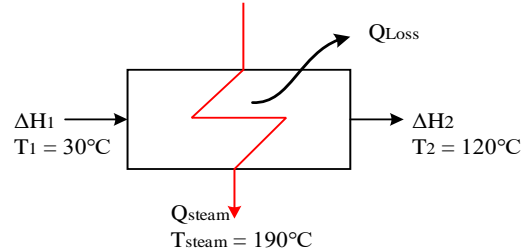
$$\begin{aligned} Q_{\text{Steam}} &= m \times \lambda \\ 267785.5239 &= m \times 472.9397706 \\ m &= 566.2149 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Preheater Etilena (E-117)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (Kkal/Jam)	Komponen	Energi (Kkal/Jam)
ΔH ₁	-147226.4090	ΔH ₂	119086.8508

Q_{Steam}	267785.5239	Q_{Loss}	1472.2641
Total	120559.1149	Total	120559.1149

3. VAPORIZER (V-113)

Fungsi : Untuk menguapkan asam asetat sebelum masuk kedalam reaktor



Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan masuk vaporizer

ΔH_2 = Panas bahan keluar vaporizer

Q_{steam} = Panas yang terkandung dalam pemanas

Q_{loss} = Panas yang hilang

Neraca panas overall :

$$\Delta H + Q_{\text{steam}} = \Delta H + Q_{\text{loss}}$$

Direncanakan

Suhu bahan masuk = 30 °C = 303.15 K

Suhu bahan keluar = 120 °C = 393.15 K

Suhu referensi = 25 °C = 298.15 K

A. Menghitung panas yang terkandung pada bahan baku masuk

Komponen	C_p (J/mol.K)			
	A	B	C	D
CH ₃ COOH	-18.944	1.0971E+00	-2.892E-03	2.926E-06
H ₂ O	92.053	-3.9953E-02	-2.110E-04	5.347E-07

Komponen	n (Kmol/jam)	T ₁ (K)	ΔH_1 (kJ/jam)
CH ₃ COOH	193.9324	303.15	1.2508E+05
H ₂ O	13.1927	303.15	4.9801E+03
Total	207.1251		130055.7443

Panas yang terkandung dalam bahan masuk (ΔH_1 = 130055.7443 kJ/jam

$$\Delta H_1 = 31084.0689 \text{ Kkal/jam}$$

B. Menghitung panas yang terkandung pada bahan keluar

Komponen	C_p (J/mol.K)				
	A	B	C	D	E
CH ₃ COOH	34.850	3.7626E-02	2.8311E-04	-3.077E-07	9.2646E-11

H ₂ O	33.933	-8.4186E-03	2.9906E-05	-1.783E-08	3.6934E-12
------------------	--------	-------------	------------	------------	------------

Komponen	n (Kmol/jam)	T ₂ (K)	ΔH ₂ (kJ/jam)
CH ₃ COOH	193.9324	393.15	1.2955E+06
H ₂ O	13.1927	393.15	4.2516E+04
Total	207.1251		1.3381E+06

Panas yang terkandung dalam bahan keluar (ΔH₂ = 1.3381E+06 kJ/jam

$$\Delta H_2 = 319802.6522 \text{ Kkal/jam}$$

C. Panas yang hilang

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 1\% \times \text{panas bahan baku masuk} \\ &= 1\% \times 31084.0689 \text{ Kkal/jam} \\ &= 310.840689 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

D. Menentukan panas dari steam

Neraca panas overall :

$$\begin{aligned} \Delta H_1 + Q_{\text{steam}} &= \Delta H_2 + Q_{\text{loss}} \\ 31084.0689 + Q_{\text{steam}} &= 319802.6522 + 310.840689 \\ Q_{\text{steam}} &= 289029.424 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

E. Menentukan massa steam sebagai pemanas (menggunakan steam saturated)

$$\text{Suhu steam} = 190 \text{ }^\circ\text{C} = 463.15 \text{ K}$$

$$H_v = 2786.40 \text{ kJ/Kg}$$

$$h_L = 807.62 \text{ kJ/Kg}$$

$$\lambda \text{ pada suhu steam} = 1978.78 \text{ kJ/Kg} = 472.93977 \text{ Kkal/Kg}$$

(Geankoplis A.2-9)^[21]

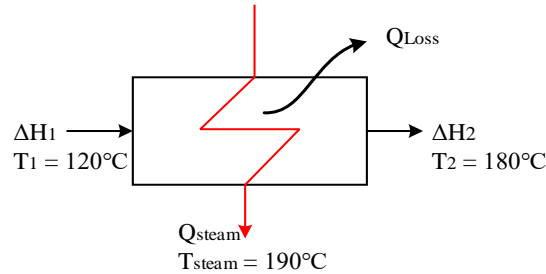
Kebutuhan steam :

$$\begin{aligned} Q_{\text{Steam}} &= m \times \lambda \\ 289029.4240 &= m \times 472.9397706 \\ m &= 611.1337 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Vaporizer (V-113)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (Kkal/Jam)	Komponen	Energi (Kkal/Jam)
ΔH ₁	31084.0689	ΔH ₂	319802.6522
Q _{Steam}	289029.4240	Q _{Loss}	310.8407
Total	320113.4929	Total	320113.4929

4. HEATER ASAM ASETAT (E-114)

Fungsi : Untuk menaikkan suhu asam asetat sebelum masuk reaktor



Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan masuk vaporizer

ΔH_2 = Panas bahan keluar vaporizer

Q_{steam} = Panas yang terkandung dalam pemanas

Q_{loss} = Panas yang hilang

Neraca panas overall :

$$\Delta H + Q_{\text{steam}} = \Delta H + Q_{\text{loss}}$$

Direncanakan

Suhu bahan masuk = 120 °C = 393.15 K

Suhu bahan keluar = 180 °C = 453.15 K

Suhu referensi = 25 °C = 298.15 K

A. Menghitung panas yang terkandung pada bahan baku masuk

Komponen	Cp (J/mol.K)				
	A	B	C	D	E
CH ₃ COOH	34.850	3.7626E-02	2.8311E-04	-3.077E-07	9.2646E-11
H ₂ O	33.933	-8.4186E-03	2.9906E-05	-1.783E-08	3.6934E-12

Komponen	n (Kmol/jam)	T ₂ (K)	ΔH ₂ (kJ/jam)
CH ₃ COOH	193.9324	393.15	1.2955E+06
H ₂ O	13.1927	393.15	4.2516E+04
Total	207.1251		1.3381E+06

Panas yang terkandung dalam bahan masuk (ΔH_1 = 1338054.297 kJ/jam

$$\Delta H_1 = 319802.6522 \text{ Kkal/jam}$$

B. Menghitung panas yang terkandung pada bahan keluar

Komponen	Cp (J/mol.K)				
	A	B	C	D	E
CH ₃ COOH	34.850	3.7626E-02	2.8311E-04	-3.077E-07	9.2646E-11
H ₂ O	33.933	-8.4186E-03	2.9906E-05	-1.783E-08	3.6934E-12

Komponen	n (Kmol/jam)	T ₂ (K)	ΔH ₂ (kJ/jam)
CH ₃ COOH	193.9324	453.15	2.2395E+06
H ₂ O	13.1927	453.15	6.9823E+04
Total	207.1251		2.3093E+06

Panas yang terkandung dalam bahan keluar (ΔH₂ = 2.3093E+06 kJ/jam

$$\Delta H_2 = 551929.9286 \text{ Kkal/jam}$$

C. Panas yang hilang

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 1\% \times \text{panas bahan baku masuk} \\ &= 1\% \times 319802.6522 \text{ Kkal/jam} \\ &= 3198.026522 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

D. Menentukan panas dari steam

Neraca panas overall :

$$\begin{aligned} \Delta H_1 + Q_{\text{steam}} &= \Delta H_2 + Q_{\text{loss}} \\ 319802.6522 + Q_{\text{steam}} &= 551929.9286 + 3198.026522 \\ Q_{\text{steam}} &= 235325.3029 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

E. Menentukan massa steam sebagai pemanas (menggunakan steam saturated)

$$\text{Suhu steam} = 190 \text{ }^\circ\text{C} = 463.15 \text{ K}$$

$$H_v = 2786.40 \text{ kJ/Kg}$$

$$h_L = 807.62 \text{ kJ/Kg}$$

$$\lambda \text{ pada suhu steam} = 1978.78 \text{ kJ/Kg} = 472.93977 \text{ Kkal/Kg}$$

(Geankoplis A.2-9)^[21]

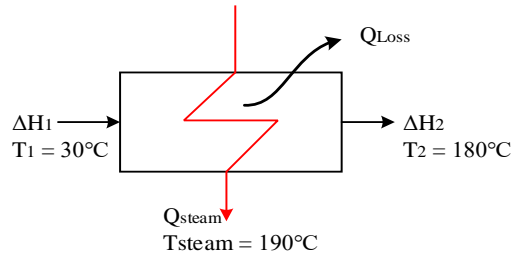
Kebutuhan steam :

$$\begin{aligned} Q_{\text{Steam}} &= m \times \lambda \\ 235325.3029 &= m \times 472.9397706 \\ m &= 497.5799 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Heater (E-114)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (Kkal/Jam)	Komponen	Energi (Kkal/Jam)
ΔH ₁	319802.6522	ΔH ₂	551929.9286
Q _{Steam}	235325.3029	Q _{Loss}	3198.0265
Total	555127.9551	Total	555127.9551

5. PREHEATER UDARA (E-111A)

Fungsi : untuk menaikkan suhu udara sebelum masuk kedalam reaktor



Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan masuk preheater

ΔH_2 = Panas bahan keluar preheater

Q_{steam} = Panas yang terkandung dalam pemanas

Q_{loss} = Panas yang hilang

Neraca panas overall :

$$\Delta H + Q_{\text{steam}} = \Delta H + Q_{\text{loss}}$$

Direncanakan

Suhu bahan masuk = 30 °C = 303.15 K

Suhu bahan keluar = 180 °C = 453.15 K

Suhu referensi = 25 °C = 298.15 K

A. Menghitung panas yang terkandung pada bahan baku masuk

Komponen	Cp (J/mol.K)				
	A	B	C	D	E
O ₂	29.526	-8.8999E-03	3.808E-05	-3.263E-08	8.8607E-12
N ₂	29.342	-3.5395E-03	1.008E-05	-4.312E-09	2.5935E-13

Komponen	n (Kmol/jam)	T ₁ (K)	ΔH ₁ (kJ/jam)
O ₂	77.5730	303.15	1.1434E+04
N ₂	333.5110	303.15	4.8482E+04
Total	411.0840		5.9915E+04

Panas yang terkandung dalam bahan masuk ($\Delta H_1 = 59915.39842$ kJ/jam

$$\Delta H_1 = 14320.1239 \text{ Kkal/jam}$$

B. Menghitung panas yang terkandung pada bahan keluar

Komponen	Cp (J/mol.K)				
	A	B	C	D	E
O ₂	29.526	-8.8999E-03	3.8083E-05	-3.263E-08	8.8607E-12
N ₂	29.342	-3.5395E-03	1.0076E-05	-4.312E-09	2.5935E-13

Komponen	n (Kmol/jam)	T ₂ (K)	ΔH ₂ (kJ/jam)
O ₂	77.5730	453.15	3.6097E+05
N ₂	333.5110	453.15	1.5106E+06
Total	411.0840		1.8716E+06

Panas yang terkandung dalam bahan keluar (ΔH₂ = 1.8716E+06 kJ/jam

$$\Delta H_2 = 447314.7333 \text{ Kkal/jam}$$

C. Panas yang hilang

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 1\% \times \text{panas bahan baku masuk} \\ &= 1\% \times 14320.1239 \text{ Kkal/jam} \\ &= 143.201239 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

D. Menentukan panas dari steam

Neraca panas overall :

$$\begin{aligned} \Delta H_1 + Q_{\text{steam}} &= \Delta H_2 + Q_{\text{loss}} \\ 14320.1239 + Q_{\text{steam}} &= 447314.7333 + 143.201239 \\ Q_{\text{steam}} &= 433137.8106 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

E. Menentukan massa steam sebagai pemanas (menggunakan steam saturated)

$$\text{Suhu steam} = 190 \text{ }^\circ\text{C} = 463.15 \text{ K}$$

$$H_v = 2786.40 \text{ kJ/Kg}$$

$$h_L = 807.62 \text{ kJ/Kg}$$

$$\lambda \text{ pada suhu steam} = 1978.78 \text{ kJ/Kg} = 472.93977 \text{ Kkal/Kg}$$

(Geankoplis A.2-9)^[21]

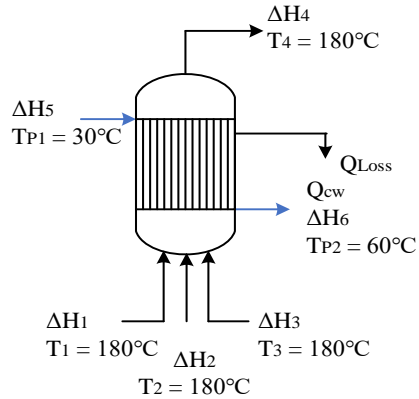
Kebutuhan steam :

$$\begin{aligned} Q_{\text{Steam}} &= m \times \lambda \\ 433137.8106 &= m \times 472.9397706 \\ m &= 915.8414 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Preheater (E-111A)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (Kkal/Jam)	Komponen	Energi (Kkal/Jam)
ΔH ₁	14320.1239	ΔH ₂	447314.7333
Q _{Steam}	433137.8106	Q _{Loss}	143.2012
Total	447457.9345	Total	447457.9345

6. REAKTOR (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan Etilena, Asam Asetat dan Oksigen



Keterangan :

ΔH_1 = Panas asam asetat masuk reaktor dari vaporizer

ΔH_2 = Panas etilena masuk reaktor dari preheater

ΔH_3 = Panas udara masuk reaktor dari preheater

ΔH_4 = Panas produk keluar reaktor

Q_{loss} = Panas yang hilang

Q_{cw} = Panas yang diserap air pendingin

Direncanakan :

Suhu asam asetat masuk = 180 °C = 453.15 K

Suhu etilena masuk = 180 °C = 453.15 K

Suhu udara masuk = 180 °C = 453.15 K

Suhu produk keluar = 180 °C = 453.15 K

Suhu air pendingin masuk = 30 °C = 303.15 K

Suhu air pendingin keluar = 60 °C = 333.15 K

Suhu referensi = 25 °C = 298.15 K

Komponen	Formula	BM (Kg/kmol)
Asam Asetat	CH ₃ COOH	60.000
Air	H ₂ O	18.000
Etilena	C ₂ H ₄	28.000
Etana	C ₂ H ₆	30.000
Metana	CH ₄	16.000
Oksigen	O ₂	32.000
Nitrogen	N ₂	28.000
Vinil Asetat	CH ₃ COOCH=CH ₂	86.000

A. Menghitung panas yang terkandung pada bahan baku masuk reaktor (ΔH_1 , ΔH_2 dan ΔH_3)

Komponen	n (Kmol/jam)	T (K)	ΔH (kJ/jam)	Total ΔH (Kkal/jam)
CH ₃ COOH	193.9324	453.15	1.2955E+06	3.1980E+05
H ₂ O	13.192684	453.15	4.2516E+04	
Total ΔH_1	207.12513	-	1.3381E+06	
C ₂ H ₄	155.14596	453.15	492010.9076	119086.8508
C ₂ H ₆	0.8186093	453.15	4453.821855	
CH ₄	0.2910611	453.15	1794.654294	
Total ΔH_2	156.25563	-	498259.3838	
O ₂	77.57298	453.15	3.6097E+05	4.4731E+05
N ₂	333.51104	453.15	1.5106E+06	
Total ΔH_3	411.08402	-	1.8716E+06	
Total				8.8620E+05

Panas yang terkandung dalam bahan masuk $\Delta H_1 = 3.1980E+05$ Kkal/jam

Panas yang terkandung dalam bahan masuk $\Delta H_2 = 119086.8508$ Kkal/jam

Panas yang terkandung dalam bahan masuk $\Delta H_3 = 4.4731E+05$ Kkal/jam

B. Menghitung panas yang terkandung pada bahan baku keluar reaktor (ΔH_4)

Komponen	Cp (J/mol.K)				
	A	B	C	D	E
CH ₃ COOCH=CH ₂	27.664	2.3366E-01	6.2106E-05	-1.697E-07	5.7917E-11
C ₂ H ₄	32.083	-1.4831E-12	2.4774E-07	-2.377E-07	6.8274E-11
C ₂ H ₆	28.146	4.3447E-02	1.8946E-07	-1.908E-07	5.3349E-11
CH ₄	34.942	-3.9957E-02	1.9184E-04	-1.530E-07	3.9321E-11
CH ₃ COOH	34.850	3.7626E-02	2.8311E-04	-3.077E-07	9.2646E-11
H ₂ O	33.933	-8.4186E-03	2.9906E-05	-1.783E-08	3.6934E-12
O ₂	29.526	-8.8999E-03	3.8083E-05	-3.263E-08	8.8607E-12
N ₂	29.342	-3.5395E-03	1.0076E-05	-4.312E-09	2.5935E-13

Komponen	n (Kmol/jam)	T (K)	ΔH (kJ/jam)
CH ₃ COOH	7.7573	453.15	8.9578E+04
H ₂ O	157.9428	453.15	8.3592E+05
C ₂ H ₄	4.4327	453.15	1.4057E+04
C ₂ H ₆	311.2770	453.15	1.6936E+06
CH ₄	13.5753	453.15	8.3704E+04
O ₂	0.4093	453.15	1.9046E+03
N ₂	0.3119	453.15	1.4125E+03

CH ₃ COOCH=CH ₂	147.3887	453.15	2.6546E+06
Total			5.3747E+06

Panas yang terkandung dalam bahan keluar ($\Delta H_4 = 5.3747E+06$ kJ/jam

$$\Delta H_4 = 1.2846E+06 \text{ Kkal/jam}$$

C. Menghitung panas reaksi dari masing - masing komponen

$$\Delta H_{R25} = \Delta H_{f \text{ produk}} - \Delta H_{f \text{ reaktan}}$$

Komponen	$\Delta H_{f 298}^{\circ}$	$\Delta H_{f 298}^{\circ}$	vi	$\Delta H_{rxn (298.15)}$
	kJ/mol	Kkal/mol	kmol/jam	Kkal/jam
CH ₃ COOH	-434.84	-103.93	193.93245	-20155277.0689
C ₂ H ₄	52.30	12.500	155.14596	1939326.632
O ₂	0.00	0.000	77.57298	0.0000
Total Reaktan				-18215950.4371
CH ₃ COOCH=CH ₂	-315.70	-75.454	147.3887	-11121092.67
H ₂ O	-241.80	-57.792	157.9428	-9127775.617
Total Produk				-20248868.29

(Carl L.yaws hal. 291)^[20]

$$\Delta H_{rxn 298}^{\circ} = \Delta H_{f 298}^{\circ} \text{ produk} - \Delta H_{f 298}^{\circ} \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_{rxn 298}^{\circ} = -20248868.29 - -18215950.4371$$

$$\Delta H_{rxn 298}^{\circ} = -2032917.8524 \text{ Kkal/jam (Reaksi bersifat eksotermis)}$$

$$\Delta H_{reaktan} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

$$\Delta H_{reaktan} = 319802.6522 + 119086.8508 + 447314.7333$$

$$\Delta H_{reaktan} = 886204.2363 \text{ Kkal/jam}$$

$$\Delta H_{produk} = \Delta H_4$$

$$\Delta H_{produk} = 1284592.3802 \text{ Kkal/jam}$$

$$\Delta H_{rxn} = \Delta H_{produk} - \Delta H_{reaktan} + \Delta H_{rxn 298}$$

$$\Delta H_{rxn} = 1284592.3802 - 886204.2363 + -2032917.8524$$

$$\Delta H_{rxn} = -1634529.7086 \text{ Kkal/jam (Reaksi bersifat eksotermis)}$$

$$\Delta H_{rxn} = 1634529.7086 \text{ Kkal/jam}$$

Menghitung Q_{loss}

$$Q_{loss} = 1\% \times \text{panas bahan baku masuk}$$

$$= 1\% \times 886204.2363 \text{ Kkal/jam}$$

$$= 8862.042363 \text{ Kkal/jam}$$

D. Menghitung Qs

Neraca panas total :

$$\begin{aligned} \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_{\text{rxn}} &= \Delta H_4 + Q_{\text{loss}} + Q_{\text{cw}} \\ \Delta H_{\text{reaktan}} + \Delta H_{\text{rxn}} &= \Delta H_{\text{produk}} + Q_{\text{loss}} + Q_{\text{cw}} \\ 886204.2363 + 1634529.708572 &= 1284592.3802 + 8862.0424 + Q_{\text{cw}} \\ 2520733.944858 &= 1293454.4225 + Q_{\text{cw}} \\ Q_{\text{cw}} &= 1227279.5223 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

Direncanakan untuk menghitung kebutuhan cooling water :

$$\text{Pendingin masuk} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303.15 \text{ K}$$

$$\text{Pendingin keluar} = 60 \text{ } ^\circ\text{C} = 333.15 \text{ K}$$

$$\text{Suhu referensi} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298.15 \text{ K}$$

$$C_p \text{ air pendingin T masuk} = 4.183 \text{ kJ/kg.K} = 0.99976 \text{ Kkal/kg.K}$$

$$C_p \text{ air pendingin T keluar} = 4.187 \text{ kJ/kg.K} = 1.0007 \text{ Kkal/kg.K}$$

(Geankoplis APP A.2-11)^[21]

$$Q_{\text{Pendingin}} = m \times C_p \times \Delta T$$

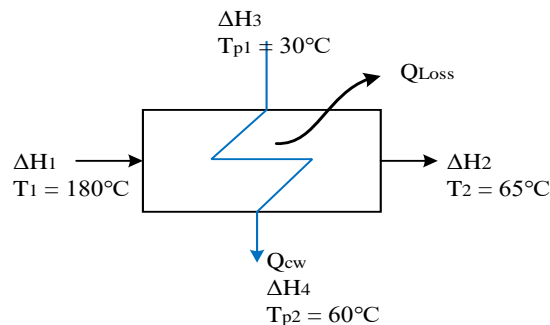
$$1227279.522 = m \times 4.1869 \text{ kJ/kg K} \times 333.15 - 303.15 \text{ K}$$

$$m = 9770.7573 \text{ kg/jam}$$

Neraca Panas Reaktor (R-110)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (Kkal/jam)	Komponen	Energi (Kkal/jam)
ΔH_1	319802.6522	ΔH_4	1284592.3802
ΔH_2	119086.8508	Q_{loss}	8862.0424
ΔH_3	447314.7333	Q_{cw}	1227279.5223
ΔH_{Rxn}	1634529.7086		
Total	2520733.9449	Total	2520733.9449

7. KONDENSOR (E-122)

Fungsi : Untuk mengembunkan produk keluaran reaktor sebelum masuk flash drum



Keterangan :

 ΔH_1 = Panas bahan masuk kondensator ΔH_2 = Panas bahan keluar kondensator menuju flash drum

Q_{loss} = Panas yang hilang

Q_{cw} = Panas yang terkandung pada air pendingin

Direncanakan :

Suhu bahan masuk = 180 °C = 453.15 K

Suhu produk keluar = 65 °C = 338.15 K

Suhu referensi = 25 °C = 298.15 K

A. Menghitung panas bahan yang masuk kondensor

Komponen	Cp (J/mol.K)				
	A	B	C	D	E
CH ₃ COOCH=CH ₂	27.664	2.3366E-01	6.2106E-05	-1.697E-07	5.7917E-11
C ₂ H ₄	32.083	-1.4831E-12	2.4774E-07	-2.377E-07	6.8274E-11
C ₂ H ₆	28.146	4.3447E-02	1.8946E-07	-1.908E-07	5.3349E-11
CH ₄	34.942	-3.9957E-02	1.9184E-04	-1.530E-07	3.9321E-11
CH ₃ COOH	34.850	3.7626E-02	2.8311E-04	-3.077E-07	9.2646E-11
H ₂ O	33.933	-8.4186E-03	2.9906E-05	-1.783E-08	3.6934E-12
O ₂	29.526	-8.8999E-03	3.8083E-05	-3.263E-08	8.8607E-12
N ₂	29.342	-3.5395E-03	1.0076E-05	-4.312E-09	2.5935E-13

Komponen	x _w	Panas liquid Masuk Kondensor			
		kmol/jam	T _{ref}	T	ΔH ₁ kJ/jam
CH ₃ COOH	0.01206	7.757	298.15	453.15	8.9578E+04
H ₂ O	0.2456	157.943	298.15	453.15	8.3592E+05
C ₂ H ₄	0.00689	4.433	298.15	453.15	1.4057E+04
C ₂ H ₆	0.48403	311.277	298.15	453.15	1.6936E+06
CH ₄	0.02111	13.575	298.15	453.15	8.3704E+04
O ₂	0.00064	0.409	298.15	453.15	1.9046E+03
N ₂	0.00048	0.312	298.15	453.15	1.4125E+03
CH ₃ COOCH=CH ₂	0.22919	147.389	298.15	453.15	2.6546E+06
Total ΔH₁	1	643.095	-	-	5.3747E+06

Panas yang terkandung dalam bahan masuk (ΔH₁) = 5.3747E+06 kJ/jam

ΔH₁ = 1.2846E+06 Kkal/jam

B. Menghitung panas bahan yang keluar dari kondensor

Komponen	x _w	Panas liquid keluar kondensor			
		kmol/jam	T _{ref}	T	ΔH ₁ kJ/jam
CH ₃ COOH	0.01206	7.757	298.15	338.15	2.0642E+04
H ₂ O	0.2456	157.943	298.15	338.15	2.1321E+05
C ₂ H ₄	0.00689	4.433	298.15	338.15	4.4557E+03

C ₂ H ₆	0.48403	311.277	298.15	338.15	4.5284E+05
CH ₄	0.02111	13.575	298.15	338.15	2.0163E+04
O ₂	0.00064	0.409	298.15	338.15	4.8447E+02
N ₂	0.00048	0.312	298.15	338.15	3.6300E+02
CH ₃ COOCH=CH ₂	0.22919	147.389	298.15	338.15	6.0965E+05
Total ΔH₁	1	643.095	-	-	1.3218E+06

Panas yang terkandung dalam bahan masuk keluar ($\Delta H_1 = 1.3218E+06$ kJ/jam

$$\Delta H_2 = 3.1592E+05 \text{ Kkal/jam}$$

C. Menghitung Q_{loss}

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 1\% \times \text{panas bahan baku masuk} \\ &= 1\% \times 1284593.7983 \text{ Kkal/jam} \\ &= 12845.9380 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

D. Menghitung kebutuhan air pendingin

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= \Delta H_2 + Q_{\text{cw}} + Q_{\text{loss}} \\ 1284593.7983 &= 315919.2728 + Q_{\text{cw}} + 12845.9380 \\ Q_{\text{cw}} &= 955828.5876 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

Menentukan massa air pendingin

$$\text{Pendingin masuk} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303.15 \text{ K}$$

$$\text{Pendingin keluar} = 60 \text{ }^\circ\text{C} = 333.15 \text{ K}$$

$$C_p \text{ air pendingin T masuk} = 4.183 \text{ kJ/kg.K} = 0.99976 \text{ Kkal/kg.K}$$

$$C_p \text{ air pendingin T keluar} = 4.187 \text{ kJ/kg.K} = 1.0007 \text{ Kkal/kg.K}$$

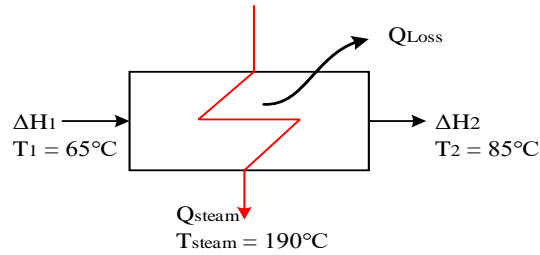
(Geankoplis APP A.2-11)^[21]

$$\begin{aligned} Q_{\text{Pendingin}} &= m \times C_p \times \Delta T \\ 955828.5876 &= m \times 4.1869 \text{ kJ/kg K} \times 333.15 - 303.15 \text{ K} \\ m &= 7609.6513 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Kondensor (E-122)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (Kkal/Jam)	Komponen	Energi (Kkal/Jam)
ΔH_1	1284593.7983	ΔH_2	315919.2728
		Q _{cw}	955828.5876
		Q _{loss}	12845.9380
Total	1284593.7983	Total	1284593.7983

8. PREHEATER DESTILASI (E-131)

Fungsi : Untuk memanaskan umpan destilasi



Keterangan :

ΔH_1 = Panas yang masuk kedalam heater

ΔH_2 = Panas yang keluar dari heater

Q_{loss} = Panas yang hilang

Q_{steam} = Panas yang terkandung dalam pemanas atau steam

Direncanakan :

Suhu bahan yang masuk = 65 °C = 338.15 K

Suhu bahan yang keluar = 85 °C = 358.15 K

Suhu referensi = 25 °C = 298.15 K

A. Menentukan panas yang masuk pada heater (ΔH_1)

Komponen	C_p (J/mol.K)			
	A	B	C	D
CH ₃ COOCH=CH ₂	63.910	7.0656E-01	-2.2832E-03	3.1788E-06
CH ₃ COOH	-18.944	1.0971E+00	-2.8921E-03	2.9257E-06
H ₂ O	92.053	-3.9953E-02	-2.1103E-04	5.3469E-07

Komponen	n (Kmol/jam)	T (K)	ΔH_1 (kJ/jam)
CH ₃ COOCH=CH ₂	147.3887	338.15	943669.1860
CH ₃ COOH	7.7573	338.15	40823.4267
H ₂ O	157.9428	338.15	475345.4711
Total			1459838.0837

Panas yang terkandung dalam bahan masuk (ΔH_1) = 1459838.0837 kJ/jam

$$\Delta H_1 = 348910.061 \text{ Kkal/jam}$$

B. Menentukan panas yang keluar pada heater (ΔH_2)

Komponen	n (Kmol/jam)	T (K)	ΔH_2 (kJ/jam)
CH ₃ COOCH=CH ₂	147.3887	358.15	1436924.8660
CH ₃ COOH	7.7573	358.15	61912.5277
H ₂ O	157.9428	358.15	712700.5334
Total			2211537.9271

Panas yang terkandung dalam bahan keluar ($\Delta H_2 = 2211537.9271$ kJ/jam
 $\Delta H_2 = 528570.8338$ Kkal/jam

C. Menghitung Q_{loss}

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 1\% \times \text{panas bahan baku masuk} \\ &= 1\% \times 348910.061 \text{ Kkal/jam} \\ &= 3489.1006 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

D. Menentukan panas dari steam

Neraca panas overall :

$$\begin{aligned} \Delta H_1 + Q_{\text{steam}} &= \Delta H_2 + Q_{\text{loss}} \\ 348910.061 + Q_{\text{steam}} &= 528570.8338 + 3489.1006 \\ Q_{\text{steam}} &= 183149.8734 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

E. Menentukan massa steam sebagai pemanas (menggunakan steam saturated)

$$\text{Suhu steam} = 190 \text{ }^\circ\text{C} = 463.15 \text{ K}$$

$$H_v = 2786.40 \text{ kJ/Kg}$$

$$h_L = 807.62 \text{ kJ/Kg}$$

$$\lambda \text{ pada suhu steam} = 1978.78 \text{ kJ/Kg} = 472.93977 \text{ Kkal/Kg}$$

(Geankoplis A.2-9)^[21]

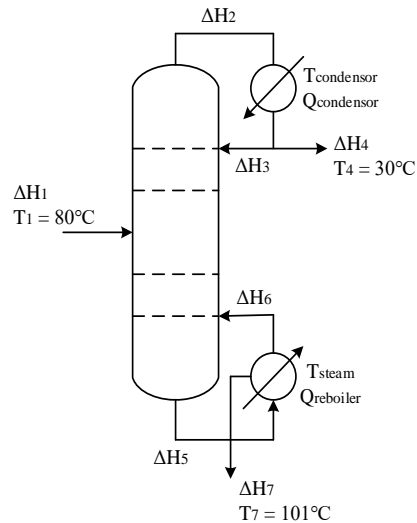
Kebutuhan steam :

$$\begin{aligned} Q_{\text{Steam}} &= m \times \lambda \\ 183149.8734 &= m \times 472.9397706 \\ m &= 387.2583 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Preheater Destilasi (E-131)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (Kkal/Jam)	Komponen	Energi (Kkal/Jam)
ΔH_1	348910.0610	ΔH_2	528570.8338
Q_{steam}	183149.8734	Q_{loss}	3489.1006
Total	532059.9344	Total	532059.9344

7. DISTILASI (D-130)

Fungsi : untuk memisahkan produk utama dan produk samping



Keterangan

ΔH_1 = Panas yang terkandung pada bahan masuk

ΔH_2 = Panas vapor menuju kondensor

ΔH_3 = Panas liquid keluar kondensor sebagai refluks

ΔH_4 = Panas liquid keluar kondensor sebagai destilat

ΔH_5 = Panas liquid keluar menuju reboiler

ΔH_6 = Panas vapor keluar reboiler

ΔH_7 = Panas liquid keluar reboiler menuju bottom

Q_{CW} = Panas yang diserap pendingin

Q_R = Panas steam

Q_{loss} = Panas yang hilang

Direncanakan :

Suhu bahan masuk = 85.5090 °C = 358.6590 K

Suhu liquid keluar kondensor = 73.0292 °C = 346.1792 K

Suhu liquid keluar reboiler = 100.9448 °C = 374.0948 K

Suhu air pendingin masuk = 30.0000 °C = 303.1500 K

Suhu air pendingin keluar = 60.0000 °C = 333.1500 K

Suhu referensi = 25.0000 °C = 298.1500 K

Data yang diperoleh dari perhitungan Bubble point dan Dew point :

- Perhitungan suhu pada Feed (F)

Bubble Poin = 358.6590 K = 85.5090 °C

Dew Point = 365.0605 K = 91.9105 °C

- Perhitungan suhu pada Distilat (D)

Bubble Poin = 346.1792 K = 73.0292 °C

Dew Point = 346.3711 K = 73.2211 °C

- Perhitungan suhu pada Bottom (B)
Bubble Point = 373.5755 K = 100.4255 °C
Dew Point = 374.0948 K = 100.9448 °C

A. Komposisi masing - masing komponen tiap aliran bahan dalam kolom destil:

Komponen	Feed (F)		Distilat (D)		Bottom (B)	
	Kmol/jam	x_F	Kmol/jam	x_D	Kmol/jam	x_B
C ₄ H ₆ O ₂ (LK)	147.3887	0.4708	146.6517	0.9946	0.7369	0.0044
H ₂ O (HK)	157.9428	0.5045	0.7897	0.0054	157.1531	0.9487
CH ₃ COOH	7.7573	0.0248	0	0.0000	7.7573	0.0468
Total	313.0888	1.0000	147.4414	1.0000	165.6473	1.0000

Menentukan refluks minimum

Dengan menggunakan persamaan 11,7-4 (Geankoplis, 1993)^[21]

$$\alpha = \frac{K_i}{K_C}; \alpha_A = \frac{K_A}{K_C}, \alpha_B = \frac{K_B}{K_C}, \alpha_C = \frac{K_C}{K_C}, \alpha_D = \frac{K_D}{K_C}$$

Dengan menggunakan persamaan 11,7-19 dan 11,7-20 (Geankoplis, 1993)^[21]

$$1 - q = \sum \frac{\alpha_i x_{iF}}{\alpha_i - \theta}$$

Feed masuk dalam keadaan liquid pada titik didihnya, $q = 1$

$$R_m + 1 = \sum \frac{\alpha_i x_{iD}}{\alpha_i - \theta}$$

Trial $\theta = 1.6447$

Umpan masuk kolom destilasi

Komposisi	x_F	α	$1 - q = \sum \frac{\alpha_i x_{iF}}{\alpha_i - \theta}$
C ₄ H ₆ O ₂	0.4708	2.5475	1.3284
H ₂ O	0.5045	1.0000	-0.7825
CH ₃ COOH	0.0248	0.5776	-0.0134
Jumlah	1		0.5

Destilat keluar kolom destilasi

Komposisi	x_D	α	$R_m + 1 = \sum \frac{\alpha_i x_{iD}}{\alpha_i - \theta}$
C ₄ H ₆ O ₂	0.9946	2.8602	2.3405
H ₂ O	0.0054	1.0000	-0.0083
Jumlah	1		2.3322

$$R_m + 1 = 2.3322$$

$$R_m = 1.3322$$

$$\begin{aligned} \text{Direncanakan refluks rasio} &= 1.5 \times R_m \\ &= 1.9983 \end{aligned}$$

B. Menghitung panas pada laju alir bagian atas dan laju alir bagian bawah

Komponen	Cp (J/mol.K)			
	A	B	C	D
CH ₃ COOCH=CH ₂	63.910	7.0656E-01	-2.2832E-03	3.1788E-06
CH ₃ COOH	-18.944	1.0971E+00	-2.8921E-03	2.9257E-06
H ₂ O	92.053	-3.9953E-02	-2.1103E-04	5.3469E-07

1. Menghitung panas laju alir bagian atas

- Menghitung aliran keluar kondensor yang direfluks

$$R = \frac{L_o}{D}$$

$$L_o = R \times D$$

$$L_o = 1.9983 \times 147.4414$$

$$L_o = 294.628 \text{ Kmol/jam}$$

Komponen	x _D	Panas liquid yang direfluks, L _o			
		Kmol/jam	T _{ref}	T	ΔH ₃ kJ/jam
C ₄ H ₆ O ₂	0.9946	293.04992	298.1500	346.1792	2266180.7313
H ₂ O	0.0054	1.5780629	298.1500	346.1792	10015.8567
Total	1.0000	294.62799	-	-	2276196.5881

Panas liquid yang direfluks, L_o (ΔH= 2276196.5881 kJ/jam

$$\Delta H_3 = 544024.6417 \text{ Kkal/jam}$$

- Menghitung aliran vapor masuk kondensor

$$V = (R + 1) \times D$$

$$V = 2.9983 \times 147.4414$$

$$V = 442.06942 \text{ kmol/jam}$$

Komponen	x _D	Panas liquid yang direfluks, V			
		Kmol/jam	T _{ref}	T	ΔH _{2a} kJ/jam
C ₄ H ₆ O ₂	0.9946	439.70164	298.1500	365.0605	4806850.0784
H ₂ O	0.0054	2.367777	298.1500	365.0605	11916.3724
Total	1.0000	442.06942	-	-	4818766.4508

Panas liquid yang direfluks, L_o (ΔH= 4818766.4508 kJ/jam

$$\Delta H_{2a} = 1151714.0943 \text{ Kkal/jam}$$

Komponen	x _D	Panas liquid yang direfluks, V		
		kmol/jam	Heat of Vapor, λ	
			Kkal/Kmol	
C ₄ H ₆ O ₂	0.9946	439.7016	7185.095471	3159298.2634
H ₂ O	0.0054	2.3678	9723.4811	23023.0345
Total	1.0000	442.0694	16908.5766	3182321.2979

(λ Vinil Asetat dari Carl L. yaws hal 115)^[20]

(λ Air dari Couldson and Richardson's Appendix C)^[22]

Panas yang direfluks V (ΔH₂= 3182321.2979 Kkal/Jam

2. Menghitung panas laju alir bagian bawah

- Menghitung aliran liquid masuk reboiler

$$\begin{aligned}\bar{L} &= L_o + q \times F \\ &= 294.628 + 1 \times 313.08877 \\ &= 607.71675 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

Komponen	x_B	Panas liquid masuk reboiler, \bar{L}			
		Kmol/jam	T_{ref}	T	ΔH_5 kJ/jam
C ₄ H ₆ O ₂	0.0044	2.7036523	298.1500	346.3711	20994.1086
H ₂ O	0.9487	576.5536	298.1500	346.3711	2091153.9010
CH ₃ COOH	0.0468	28.459497	298.1500	346.3711	181371.2481
Total	1.0000	607.71675	-	-	2293519.2577

Panas liquid masuk reboiler \bar{L} (ΔH_5) = 2293519.2577 kJ/jam

$$\Delta H_5 = 548164.8637 \text{ Kkal/jam}$$

- Menghitung aliran vapor keluar reboiler

$$\begin{aligned}\bar{V} &= V + F \times (q - 1) \\ &= 442.06942 + 313.08877 \times (1 - 1) \\ &= 442.06942 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

Komponen	x_B	Panas vapor keluar reboiler, \bar{V}			
		Kmol/jam	T_{ref}	T	ΔH_6 kJ/jam
C ₄ H ₆ O ₂	0.0044	1.966709	298.1500	374.0948	24585.6560
H ₂ O	0.9487	419.40051	298.1500	374.0948	2396630.1897
CH ₃ COOH	0.0468	20.7022	298.1500	374.0948	210994.6479
Total	1.0000	442.06942	-	-	2632210.4936

Panas liquid masuk reboiler \bar{V} (ΔH_6) = 2632210.4936 kJ/jam

$$\Delta H_6 = 629114.1012 \text{ Kkal/jam}$$

C. Menghitung panas Feed masuk, Destilat keluar dan Bottom keluar

1. Menghitung panas pada feed masuk kolom destilasi

Komponen	x_F	Panas liquid masuk kolom destilasi, F			
		Kmol/jam	T_{ref}	T	ΔH_1 kJ/jam
C ₄ H ₆ O ₂	0.4708	147.38866	298.1500	358.6590	1449693.8262
H ₂ O	0.5045	157.94281	298.1500	358.6590	718749.4833
CH ₃ COOH	0.0248	7.757298	298.1500	358.6590	62455.2638
Total	1.0000	313.08877	-	-	2230898.5733

Panas liquid masuk kolom destilasi, F (ΔF) = 2230898.5733 kJ/jam

$$\Delta H_1 = 533198.1444 \text{ Kkal/jam}$$

2. Menghitung panas liquid sebagai destilat

Komponen	x_D	Panas liquid destilat keluar, D			
		Kmol/jam	T_{ref}	T	ΔH_4 kJ/jam
$C_4H_6O_2$	0.9946	146.65172	298.1500	346.1792	1134070.5878
H_2O	0.0054	0.789714	298.1500	346.1792	2852.9021
Total	1.0000	147.44143	-	-	1136923.4899

Panas liquid sebagai destilat, D (ΔH_4) = 1136923.4899 kJ/jam

$$\Delta H_4 = 271731.5356 \text{ Kkal/jam}$$

3. Menghitung panas liquid sebagai bottom

Komponen	x_B	Panas liquid sebagai bottom, B			
		Kmol/jam	T_{ref}	T	ΔH_7 kJ/jam
$C_4H_6O_2$	0.0044	0.7369433	298.1500	373.5755	9145.4842
H_2O	0.9487	157.15309	298.1500	373.5755	891872.8409
CH_3COOH	0.0468	7.757298	298.1500	373.5755	78498.2049
Total	1.0000	165.64734	-	-	979516.5300

Panas liquid sebagai bottom, B (ΔH) = 979516.5300 kJ/jam

$$\Delta H_7 = 234110.3278 \text{ Kkal/jam}$$

D. Menghitung neraca panas overall

$$\begin{aligned} \Delta H_1 + Q_R &= \Delta H_4 + \Delta H_7 + Q_{CW} + Q_{loss} \\ 533198.14 + Q_R &= 271731.536 + 234110.33 + Q_{CW} + 3463.4667 \\ Q_R &= -23892.814 + Q_{CW} \end{aligned}$$

1. Menghitung panas air keluar kondensor

$$\begin{aligned} \Delta H_{2a} + \Delta H_{2b} &= \Delta H_3 + \Delta H_4 + Q_{CW} \\ 1151714.09 + 3182321.30 &= 544024.642 + 271731.536 + Q_{CW} \\ Q_{CW} &= 3518279.2149 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

2. Menghitung panas steam reboiler

$$\begin{aligned} Q_R &= -23892.8143 + Q_{CW} \\ Q_R &= -23892.8143 + 3518279.2149 \\ Q_R &= 3494386.4006 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

3. Menghitung kebutuhan air pendingin

Menentukan massa air pendingin

$$\text{Pendingin masuk} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303.15 \text{ K}$$

$$\text{Pendingin keluar} = 60 \text{ } ^\circ\text{C} = 333.15 \text{ K}$$

$$\text{Suhu referensi} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298.15 \text{ K}$$

$$C_p \text{ air pendingin } T \text{ masuk} = 4.183 \text{ kJ/kg.K} = 0.99976 \text{ Kkal/kg.K}$$

$$\text{Cp air pendingin T keluar} = 4.187 \text{ kJ/kg.K} = 1.0007 \text{ Kkal/kg.K} \\ (\text{Geankoplis APP A.2-11})^{[21]}$$

$$Q_{\text{Pendingin}} = m \times \text{Cp} \times \Delta T \\ 3518279.2149 = m \times 4.1869 \text{ kJ/kg K} \times 333.15 - 303.15 \text{ K} \\ m = 28010.1247 \text{ kg/jam}$$

4. Menghitung neraca panas reboiler

$$\Delta H_5 + Q_{\text{Reb}} = \Delta H_6 + \Delta H_7 + Q_{\text{loss}} \\ 548164.86 + Q_{\text{Reb}} = 629114.1012 + 234110.33 + Q_{\text{loss}} \\ Q_{\text{Reb}} = 315059.5653 + Q_{\text{loss}}$$

dimana :

$$Q_{\text{loss}} = 1\% \times (\Delta H_5 + \Delta H_6 + \Delta H_7)$$

$$Q_{\text{loss}} = 1\% \times 1411389.2927$$

$$Q_{\text{loss}} = 14113.8929 \text{ Kkal/jam}$$

maka :

$$Q_{\text{Reb}} = 315059.5653 + Q_{\text{loss}}$$

$$Q_{\text{Reb}} = 315059.5653 + 14113.8929$$

$$Q_{\text{Reb}} = 329173.4582 \text{ Kkal/jam}$$

Menghitung kebutuhan steam :

$$\text{Suhu steam} = 190 \text{ }^\circ\text{C} = 463.15 \text{ K}$$

$$H_V = 2786.40 \text{ kJ/Kg}$$

$$h_L = 807.62 \text{ kJ/Kg}$$

$$\lambda \text{ pada suhu steam} = 1978.78 \text{ kJ/Kg} = 472.93977 \text{ Kkal/Kg}$$

(Geankoplis A.2-9)^[21]

$$\text{maka steam yang dibutuhkan} = \frac{Q_{\text{reb}}}{\lambda}$$

$$= \frac{329173.4582}{472.9398}$$

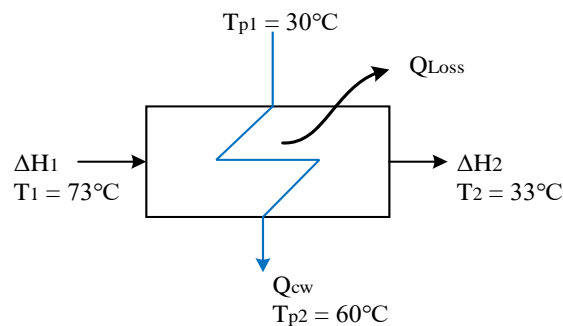
$$= 696.0156 \text{ Kg/jam}$$

Neraca Panas Destilasi (D-130)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (Kkal/jam)	Komponen	Energi (Kkal/jam)
ΔH_1	533198.1444	ΔH_4	271731.5356
		ΔH_7	234110.3278
Q_R	3494386.4006	Q_{CW}	3518279.2149
		Q_{loss}	3463.4667
Total	4027584.5450	Total	4027584.5450
Aliran Panas Kondensor			
ΔH_2	4334035.3923	ΔH_4	271731.5356
		ΔH_3	544024.6417

		Q_{CW}	3518279.2149
Total	4334035.3923	Total	4334035.3923
Aliran Panas Reboiler			
ΔH_5	548164.8637	ΔH_6	629114.1012
Q_{Reb}	329173.4582	ΔH_7	234110.3278
		Q_{Loss}	14113.8929
Total	877338.3219	Total	877338.3219

10. COOLER (E-135)

Fungsi : Untuk mendinginkan produk destilasi sebelum masuk proses packing



Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan masuk cooler

ΔH_2 = Panas bahan keluar cooler menuju packing

Q_{loss} = Panas yang hilang

Q_{cw} = Panas yang terkandung pada air pendingin

Direncanakan :

Suhu bahan masuk = 73.03 °C = 346.179 K

Suhu produk keluar = 33 °C = 306.15 K

Suhu referensi = 25 °C = 298.15 K

A. Menghitung panas bahan yang masuk cooler

Komponen	C_p (J/mol.K)			
	A	B	C	D
$CH_3COOCH=CH_2$	63.910	7.0656E-01	-2.2832E-03	3.1788E-06
H_2O	92.053	-3.9953E-02	-2.1103E-04	5.3469E-07

Komponen	x_w	Panas liquid Masuk Cooler			
		kmol/jam	T_{ref}	T	ΔH_1 kJ/jam
$CH_3COOCH=CH_2$	0.9946	146.6517	298.15	346.179	1134070.5878
H_2O	0.0054	0.7897	298.15	346.179	2852.9021
Total ΔH_1	1.0000	147.4414	-	-	1136923.4899

Panas yang terkandung dalam bahan masuk cooler ($\Delta H = 1136923.4899$ kJ/jam

$$\Delta H_1 = 271731.5356 \text{ Kkal/jam}$$

B. Menghitung panas bahan yang keluar dari cooler

Komponen	x_w	Panas liquid Keluar Cooler			
		kmol/jam	T_{ref}	T	ΔH_1 kJ/jam
CH ₃ COOCH=CH ₂	0.9946	146.6517	298.15	306.15	183775.2067
H ₂ O	0.0054	0.7897	298.15	306.15	476.7725
Total ΔH_1	1.0000	147.4414	-	-	184251.9792

Panas yang terkandung dalam bahan keluar cooler ($\Delta H_2 = 184251.9792$ kJ/jam

$$\Delta H_2 = 44037.3285 \text{ Kkal/jam}$$

C. Menghitung Q_{loss}

$$\begin{aligned} Q_{loss} &= 1\% \times \text{panas bahan baku masuk} \\ &= 1\% \times 271731.5356 \text{ Kkal/jam} \\ &= 2717.3154 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

D. Menghitung kebutuhan air pendingin

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= \Delta H_2 + Q_{cw} + Q_{loss} \\ 271731.5356 &= 44037.3285 + Q_{cw} + 2717.3154 \\ Q_{cw} &= 224976.8917 \text{ Kkal/jam} \end{aligned}$$

Menentukan massa air pendingin

$$\text{Pendingin masuk} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303.15 \text{ K}$$

$$\text{Pendingin keluar} = 60 \text{ }^\circ\text{C} = 333.15 \text{ K}$$

$$C_p \text{ air pendingin T masuk} = 4.1830 \text{ kJ/kg.K} = 0.9998 \text{ Kkal/kg.K}$$

$$C_p \text{ air pendingin T keluar} = 4.1869 \text{ kJ/kg.K} = 1.0007 \text{ Kkal/kg.K}$$

(Geankoplis APP A.2-11)^[21]

$$\begin{aligned} Q_{cw} &= m \times C_p \times \Delta T \\ 224976.8917 &= m \times 4.1869 \text{ kJ/kg K} \times 333.15 - 303.15 \text{ K} \\ m &= 1791.1116 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Cooler (E-135)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi (Kkal/Jam)	Komponen	Energi (Kkal/Jam)
ΔH_1	271731.5356	ΔH_2	44037.3285
		Q_{cw}	224976.8917
		Q_{loss}	2717.3154
Total	271731.5356	Total	271731.5356