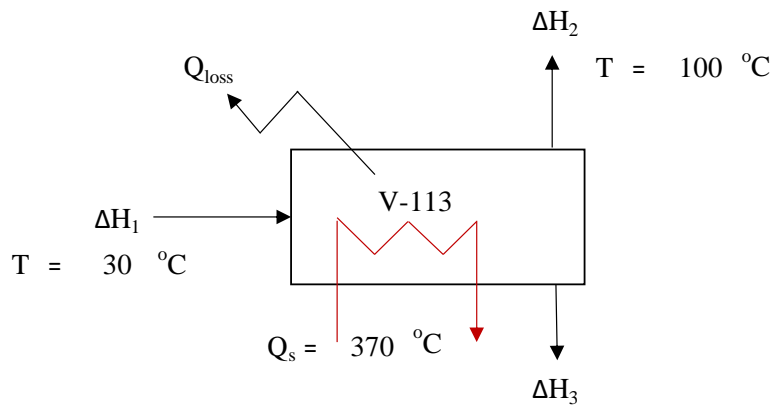


APPENDIKS B PERHITUNGAN NERACA PANAS

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas pabrik} &= \frac{70000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \\ &= \frac{70000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 8838,3838 \\ \text{Satuan panas} &= \text{kkal/jam} \\ \text{Waktu operasi} &= 330 \text{ hari} \\ \text{Suhu referensi} &= 25 \text{ }^\circ\text{C} \quad 298,15 \text{ K} \end{aligned}$$

1. VAPORIZER (V-113)

Fungsi : Untuk menguapkan etanol dari fase liquid menjadi fase uap



$$\text{Dimana : } \Delta H_1 + Q_s = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}} \quad T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

Keterangan :

ΔH_1 = Panas bahan masuk vaporizer

ΔH_2 = Panas bahan keluar vaporizer

Q_{steam} = Panas yang terkandung pada steam

Q_{loss} = Panas yang hilang

Rumus didapatkan dari Yaws I Carl hal 30-31 sebagai berikut :

$$\Delta H = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad \text{dimana} \quad C_p = A + B(T) + C(T^2) + D(T^3)$$

Dari rumus tersebut, karena di integral sehingga T merupakan fungsi suhu maka rumus menjadi sebagai berikut :

Rumus didapatkan dari Yaws I Carl hal 30-31 sebagai berikut :

$$\Delta H = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad \text{dimana} \quad C_p = A + B(T) + C(T^2) + D(T^3) + E(T^4)$$

Dari rumus tersebut, karena di integral sehingga T merupakan fungsi suhu maka rumus menjadi sebagai berikut :

$$\int_{T_{ref}}^T Cp \cdot \Delta T = m \cdot A (T - T_{ref}) + \frac{B}{2} (T^2 - T_{ref}^2) + \frac{C}{3} (T^3 - T_{ref}^3) + \frac{D}{4} (T^4 - T_{ref}^4) + \frac{E}{5} (T^5 - T_{ref}^5)$$

Diketahui :

T masuk vaporizer = 30 °C = 303,15 °K

T referensi = 25 °C = 298,15 °K

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
C ₂ H ₅ OH	59,342	3,64E-01	-1,22E-03	1,80E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07

Sumber : Yaws I Carl hal 61 dan 79 table 2-1 Cp Liquid

$$\left\{ \begin{array}{l} Cp \cdot \Delta T \quad C_2H_5OH = 538,5019 \text{ j/mol.k} = 128,7 \text{ kkal/kmol} \\ Cp \cdot \Delta T \quad H_2O = 3,77E+02 \text{ j/mol.k} = 90,219 \text{ kkal/kmol} \end{array} \right.$$

Tabel B.1. Panas bahan masuk vaporizer

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH ₁ kkal/jam
C ₂ H ₅ OH	14631,052	46	318,06634	128,7020	40.935,7613
H ₂ O	73,522873	18	4,0846041	90,2192	368,5099
Total					41.304,27

B. Menentukan bahan keluar vaporizer

Diketahui :

T keluar vaporizer = 100 = 373,15 °K

T referensi = 25 = 298,15 °K

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
C ₂ H ₅ OH	59,342	3,64E-01	-1,22E-03	1,80E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07

Sumber : Yaws I Carl hal 33 table 2-1 Cp Gas

$$\left\{ \begin{array}{l} Cp \cdot \Delta T \quad C_2H_5OH = 2724,4320 \text{ j/mol.k} = 651,14 \text{ kkal/kmol} \\ Cp \cdot \Delta T \quad H_2O = 1883,0201 \text{ j/mol.k} = 450,04 \text{ kkal/kmol} \end{array} \right.$$

Tabel B.2. Panas bahan keluar vaporizer

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH ₂ kkal/jam
C ₂ H ₅ OH	14631,052	46	318,06634	651,1393	207.105,4815
H ₂ O	73,522873	18	4,0846041	450,0418	1.838,2426
Total					208.943,72

C. Menghitung panas yang hilang (Q_{loss})

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

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 1\% \times \Delta H_1 \\ &= 1\% \times 41.304,3 = 206,5214 \end{aligned}$$

D. Menentukan panas yang dibawa steam

Neraca panas total :

$$\begin{aligned} \Delta H_1 + Q_{\text{steam}} &= \Delta H_2 + Q_{\text{loss}} \\ 41.304,3 + Q_{\text{steam}} &= 208.943,7 + 206,52136 \\ Q_{\text{steam}} &= 167.846,0 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

E. Menentukan massa steam sebagai media pemanas

Fluida pemanas yang dipakai pada suhu 370 °C sehingga diperoleh data H_V dan H_L dari Smith Van Ness Edisi 4, hal 579 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_V &= 2342,8 \text{ kJ/kg} \\ H_L &= 1890,2 \text{ kJ/kg} \\ \lambda &= H_V - H_L \\ &= 2342,8 - 1890,2 \\ &= 452,6 \text{ kJ/kg} = 108,17 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

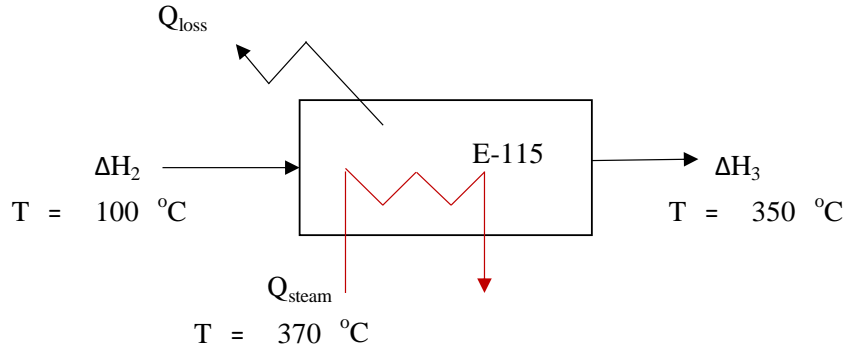
$$\begin{aligned} \text{Maka steam yang dibutuhkan } (r) &= \frac{Q_{\text{steam}}}{\lambda} \\ &= \frac{167.846,0 \text{ kkal/jam}}{108,1714 \text{ kkal/kg}} \\ &= 1.551,667 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Total Vaporizer (V-113)

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH ₁	41304,2712	ΔH ₂	208.943,7241
Q _s	167845,9742	Q _{loss}	206,5214
Total	209150,2454	Total	209150,2454

2. HEATER (E-115)

Fungsi : Untuk memanaskan uap etanol sampai suhu 350 °C



Dimana : $\Delta H_2 + Q_s = \Delta H_3 + Q_{loss}$

Keterangan :

ΔH_2 = Panas bahan masuk heater

ΔH_3 = Panas bahan keluar heater

Q_{loss} = Panas yang hilang

Q_{steam} = Panas yang terkandung pada steam

Direncanakan :

Suhu bahan masuk = 100 °C

Suhu bahan keluar = 350 °C

A. Menentukan panas bahan masuk heater

Diketahui :

T masuk heater = 100 °C = 373,15 °K

T referensi = 25 °C = 298,15 °K

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
C ₂ H ₅ OH	59,342	3,64E-01	-1,22E-03	1,80E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07

Sumber : Yaws I Carl hal 33 table 2-1 Cp Gas

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 8459,8138 \text{ j/mol.k} = 2021,9 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{H}_2\text{O} = 5643,0381 \text{ j/mol.k} = 1348,7 \text{ kkal/kmol} \end{array} \right.$$

Tabel B.3. Panas bahan masuk heater

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH ₂ kkal/jam
C ₂ H ₅ OH	14631,052	46	318,06634	2.021,8955	643.096,9068
H ₂ O	73,522873	18	4,0846041	1.348,6861	5.508,8488

Total	648.605,76
-------	------------

B. Menentukan panas bahan keluar heater

Diketahui :

$$T \text{ keluar heater} = 350 \text{ } ^\circ\text{C} = 623,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T \text{ referensi} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
C ₂ H ₅ OH	59,342	3,64E-01	-1,22E-03	1,80E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07

Sumber : Yaws I Carl hal 33 table 2-1 Cp Gas

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 5,08\text{E}+04 \text{ j/mol.k} = 12131 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{H}_2\text{O} = 2,79\text{E}+04 \text{ j/mol.k} = 6663 \text{ kkal/kmol} \end{array} \right.$$

Tabel B.4. Panas bahan keluar heater

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH ₃ kkal/jam
C ₂ H ₅ OH	14631,052	46	318,06634	12.130,7912	3.858.396,405
H ₂ O	73,522873	18	4,0846041	6.662,9945	27.215,6947
Total					3.885.612,10

C. Menghitung panas yang hilang (Q_{loss})

$$Q_{\text{loss}} = 2\% \text{ panas masuk}$$

$$Q_{\text{loss}} = 2\% \times \Delta H_1$$

$$= 2\% \times 648.605,8 = 12972,115$$

D. Menentukan panas yang dibawa steam

Neraca panas total :

$$\Delta H_2 + Q_{\text{steam}} = \Delta H_3 + Q_{\text{loss}}$$

$$648.605,76 + Q_{\text{steam}} = 3.885.612,1 + 12972,115$$

$$Q_{\text{steam}} = 3249978,5 \text{ kkal/jam}$$

E. Menentukan massa steam sebagai media pemanas

Fluida pemanas yang dipakai pada suhu 370 °C sehingga diperoleh data

H_V dan H_L dari Smith Van Ness Edisi 4, hal 579 sebagai berikut :

$$H_V = 2342,8 \text{ kJ/kg}$$

$$H_L = 1890,2 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda = H_V - H_L$$

$$= 2342,8 - 1890,2$$

$$= 452,6 \text{ kJ/kg} = 108,17 \text{ kkal/kg}$$

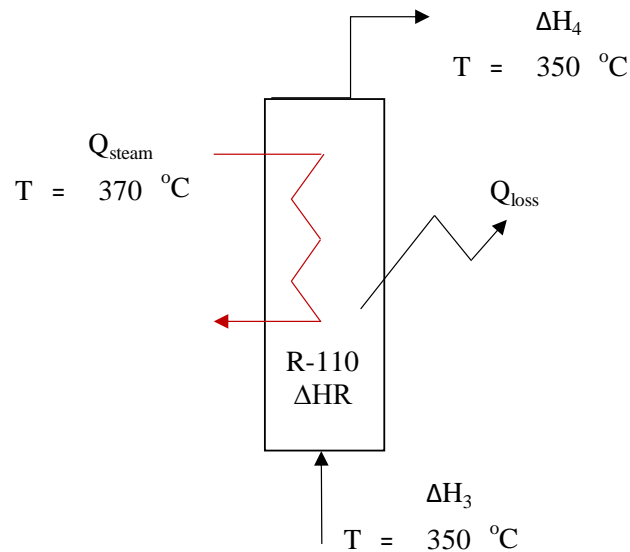
$$\begin{aligned}
 \text{Maka steam yang dibutuhkan (m)} &= \frac{Q_{\text{steam}}}{\lambda} \\
 &= \frac{3249978,5 \text{ kkal/jam}}{108,1714 \text{ kkal/kg}} \\
 &= 30.044,711 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas Total Heater (E-115)

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_2	648605,7555	ΔH_3	3.885.612,1000
Q_s	3249978,4596	Q_{loss}	12.972,1151
Total	3.898.584,2151	Total	3.898.584,2151

3.REAKTOR (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan uap etanol dengan menggunakan katalis alumina



Dimana : $\Delta H_3 + Q_s = \Delta H_R + \Delta H_4 + Q_{\text{loss}}$

Keterangan :

ΔH_3 = Panas bahan masuk reaktor

ΔH_4 = Panas bahan keluar reaktor

Q_{loss} = Panas yang hilang

Q_{steam} = Panas yang diserap dari steam

ΔH_R = Panas reaksi

Menentukan panas bahan masuk reaktor

Diketahui :

T masuk reaktor = 350 °C = 623,15 °K

T referensi = 25 °C = 298,15 °K

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
C ₂ H ₅ OH	59,342	3,64E-01	-1,22E-03	1,80E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07

Sumber : Yaws I Carl hal 33 table 2-1 Cp Gas

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 5,08\text{E}+04 \text{ j/mol.k} = 12131 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{H}_2\text{O} = 2,79\text{E}+04 \text{ j/mol.k} = 6663 \text{ kkal/kmol} \end{array} \right.$$

Tabel B.5. Panas bahan masuk reaktor

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH ₃ kkal/jam
C ₂ H ₅ OH	14631,052	46	318,0663	12.130,7912	3.858.396,405
H ₂ O	73,522873	18	4,0846	6.662,9945	27.215,6947
Total					3.885.612,100

Menentukan panas bahan keluar reaktor

Diketahui :

$$T \text{ keluar reaktor} = 350 \text{ }^\circ\text{C} = 623,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T \text{ referensi} = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
C ₂ H ₅ OH	59,342	3,64E-01	-1,22E-03	1,80E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07
C ₂ H ₄	25,597	5,71E-01	-3,36E-03	8,41E-06

Sumber : Yaws I Carl hal 33 table 2-1 Cp Gas

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 5,08\text{E}+04 \text{ j/mol.k} = 12131 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{H}_2\text{O} = 2,79\text{E}+04 \text{ j/mol.k} = 6663 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{C}_2\text{H}_4 = 1,53\text{E}+05 \text{ j/mol.k} = 36516 \text{ kkal/kmol} \end{array} \right.$$

Tabel B.6. Panas bahan keluar reaktor

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH ₄ kkal/jam
C ₂ H ₅ OH	146,31	46	3,1807	12.130,7912	38.583,9641
H ₂ O	73,522873	18	4,0846	6.662,9945	27.215,6947
C ₂ H ₄	8816,7991	28	314,8857	36.516,0507	11498381,47
Total					11564181,13

C. Menghitung ΔH_R 25 °C :



Dari Himmelblau tabel F-1 Appendix F Hal.1054 didapatkan ΔH_f komponen :

$$\Delta H_f \quad C_2H_5OH = -277,63 \text{ kJ/gmol} = -66,354 \text{ kkal/gmol}$$

$$\Delta H_f \quad C_2H_4 = 52,283 \text{ kJ/gmol} = 12,496 \text{ kkal/gmol}$$

$$\Delta H_f \quad H_2O = -241,83 \text{ kJ/gmol} = -57,796 \text{ kkal/gmol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{R298} &= \Delta H_{f \text{ produk}} - \Delta H_{f \text{ reaktan}} \\ &= 12,496 + [-57,796 - -66,4] \\ &= 21,053 \text{ kkal/gmol} \end{aligned}$$

Tabel B.7 ΔH reaktan

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH kkal/jam
C_2H_5OH	146,31	46	3,1806634	12.130,7912	38.583,964

Tabel B.8 ΔH produk

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH kkal/jam
H_2O	73,522873	18	4,0846041	6.662,9945	27.215,695
C_2H_4	8816,7991	28	314,88568	36.516,0507	11498381,47
Total					11525597,17

$$\begin{aligned} \Delta H_R &= \Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan} + \Delta H_{R298} \\ &= 11525597 - 38583,964 + 21,05 \\ &= 11487034 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

D. Menentukan panas yang dibawa steam dalam reaktor

Neraca panas total :

$$\begin{aligned} \Delta H_3 + Q_{\text{steam}} &= \Delta H_R + \Delta H_4 + Q_{\text{loss}} \\ 3885612,1 + Q_{\text{steam}} &= 11.487.034,3 + 11564181 + 344611,03 \\ Q_{\text{steam}} &= 19510214,31 \end{aligned}$$

E. Menghitung panas yang hilang (Q_{loss})

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 3\% \Delta H_R \\ Q_{\text{loss}} &= 3\% \times 11487034 \\ &= 344611,028 \end{aligned}$$

F. Menentukan massa steam sebagai media pemanas

Fluida pemanas yang dipakai pada suhu 370 °C sehingga diperoleh data

H_V dan H_L dari Smith Van Ness Edisi 4, hal 579 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_V &= 2342,8 \text{ kJ/kg} \\ H_L &= 1890,2 \text{ kJ/kg} \\ \lambda &= H_V - H_L \\ &= 2342,8 - 1890,2 \\ &= 452,6 \text{ kJ/kg} = 108,17 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

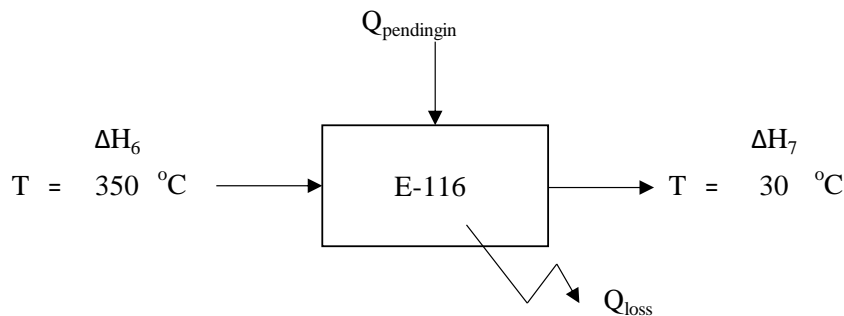
$$\begin{aligned} \text{Maka steam yang dibutuhkan (m)} &= \frac{Q_{\text{steam}}}{\lambda} \\ &= \frac{19510214 \text{ kkal/jam}}{108,1714 \text{ kkal/kg}} \\ &= 180363,89 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Total Reaktor (R-110)

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_3	3885612,1000	ΔH_4	11.564.181,1302
Q_s	19510214,3126	ΔH_R	11487034,2549
		Q_{loss}	344611,0276
Total	23.395.826,4127	Total	23.395.826,4127

4. COOLER (E-116)

Fungsi : Untuk mendinginkan produk keluar reaktor serta merubah fase dari suhu 350°C ke 30°C agar dapat dipisahkan pada flash drum



$$\text{Dimana : } \Delta H_6 = Q_{\text{pendingin}} + \Delta H_7 + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

ΔH_6 = Panas bahan campuran masuk cooler

ΔH_7 = Panas bahan campuran keluar cooler

$Q_{\text{pendingin}}$ = Refrigerant masuk cooler

Q_{loss} = Panas yang hilang

A. Menentukan panas bahan masuk cooler

Untuk Panas yang terkandung dalam gas keluar cooler

Diketahui :

$$T \text{ masuk cooler} = 350 \text{ } ^\circ\text{C} = 623,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T \text{ referensi} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
C ₂ H ₅ OH	59,342	3,64E-01	-1,22E-03	1,80E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07
C ₂ H ₄	25,597	5,71E-01	-3,36E-03	8,41E-06

Sumber : Yaws I Carl hal 33 table 2-1 Cp Gas

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 5,08\text{E}+04 \text{ j/mol.k} = 12131 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{H}_2\text{O} = 2,79\text{E}+04 \text{ j/mol.k} = 6663 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{C}_2\text{H}_4 = 1,53\text{E}+05 \text{ j/mol.k} = 36516 \text{ kkal/kmol} \end{array} \right.$$

Tabel B.9. Panas bahan masuk cooler

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH ₆ kkal/jam
C ₂ H ₅ OH	146,31	46	3,1807	12.130,7912	38.583,9641
H ₂ O	73,522873	18	4,0846	6.662,9945	27.215,6947
C ₂ H ₄	8816,7991	28	314,8857	36516,0507	11498381,47
Total					11564181,13

B. Menentukan panas bahan keluar cooler

Diketahui :

$$T \text{ keluar kondensor} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T \text{ referensi} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
C ₂ H ₅ OH	59,342	3,64E-01	-1,22E-03	1,80E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07
C ₂ H ₄	25,597	5,71E-01	-3,36E-03	8,41E-06

Sumber : Yaws I Carl hal 60 table 3-1 Cp Liquid

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 2,72\text{E}+03 \text{ j/mol} = 651,14 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{H}_2\text{O} = 1,88\text{E}+03 \text{ j/mol} = 450,04 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{C}_2\text{H}_4 = 3,27\text{E}+03 \text{ j/mol} = 782,01 \text{ kkal/kmol} \end{array} \right.$$

Tabel B.10. Panas bahan keluar kondensor

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH ₇ kkal/jam
C ₂ H ₅ OH	146,31052	46	3,1807	651,1393	2.071,055
H ₂ O	73,522873	18	4,0846	450,0418	1.838,243
C ₂ H ₄	8816,7991	28	314,8857	782,0084	246.243,259
Total					250.152,557

C. Menghitung panas yang hilang (Q_{loss}) pada cooler

$$Q_{\text{loss}} = 2\% \text{ panas masuk}$$

$$Q_{\text{loss}} = 2\% \times \Delta H_6$$

$$= 2\% \times 11564181 = 231283,62$$

D. Menentukan panas yang diserap oleh pendingin refrigerant

Neraca panas total :

$$\Delta H_6 = Q_{\text{refrigerant}} + \Delta H_7 + Q_{\text{loss}}$$

$$11564181 = Q_{\text{refrigerant}} + 250152,56 + 231283,62$$

$$Q_{\text{refrigerant}} = 11082745 \text{ kkal/jam}$$

E. Mencari suhu refrigerant keluar :

Diketahui :

$$t_1 = 350 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_1 = -161 \text{ }^\circ\text{C}$$

Sehingga T₂ dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut :

$$T_1 - t_2 = T_2 - t_1$$

$$-161 - 50 = T_2 - 350$$

$$-211 = T_2 - 350$$

$$-211 + 350 = T_2$$

$$139 = T_2$$

F. Menentukan massa refrigerant sebagai media pendingin

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

$$11082745 = m \times 1,373 \times (139 - -161)$$

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

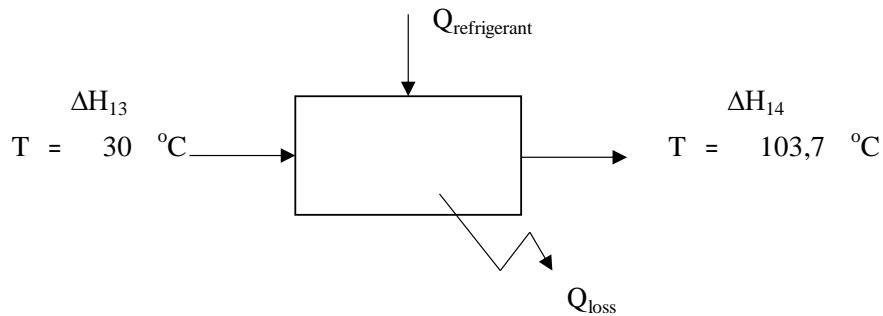
$$= \frac{11.082.745,0}{1,373 \times 300} = 26906,397$$

Neraca Panas Total Cooler

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_6	11564181,1302	ΔH_7	250.152,5566
		Q_R	11.082.744,9509
		Q_{loss}	231.283,6226
Total	11.564.181,1302	Total	11.564.181,1302

5. KONDENSOR (E-121)

Fungsi : Untuk mendinginkan produk serta merubah fase gas menjadi cair adsorber dari suhu 30 °C ke -103,7 °C



$$\text{Dimana : } \Delta H_{13} = \Delta H_{14} + Q_{\text{refrigerant}} + Q_{\text{loss}}$$

Keterangan :

ΔH_{13} = Panas bahan campuran masuk kondensor

ΔH_{14} = Panas bahan campuran keluar kondensor

$Q_{\text{refrigerant}}$ = Refrigerant masuk kondensor

Q_{loss} = Panas yang hilang

A. Menentukan panas bahan masuk kondensor

Diketahui :

$$T \text{ masuk kondensor} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T \text{ referensi} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	59,342	3,64E-01	-1,22E-03	1,80E-06
H_2O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07
C_2H_4	25,597	5,71E-01	-3,36E-03	8,41E-06

Sumber : Yaws I Carl hal 60 table 3-1 Cp Liquid

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 5,39\text{E}+02 \text{ j/mol.k} = 128,7 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{H}_2\text{O} = 3,77\text{E}+02 \text{ j/mol.k} = 90,219 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \quad \text{C}_2\text{H}_4 = 6,10\text{E}+02 \text{ j/mol.k} = 145,7 \text{ kkal/kmol} \end{array} \right.$$

Tabel B.13. Panas bahan masuk kondensor

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH ₁₃ kkal/jam
C ₂ H ₅ OH	53,4991	46	1,1630	128,7020	149,683
H ₂ O	14,0071	18	0,7781733	90,2192	70,206
C ₂ H ₄	8770,8776	28	313,24563	145,6965	45.638,776
Total					45858,6660

B. Menentukan panas bahan keluar kondensor

Diketahui :

$$T \text{ keluar kondensor} = -103 \text{ } ^\circ\text{C} = 170,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T \text{ referensi} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Cp masing-masing komponen sebagai berikut :

Komponen	A	B	C	D
C ₂ H ₅ OH	59,342	3,64E-01	-1,22E-03	1,80E-06
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07
C ₂ H ₄	25,597	5,71E-01	-3,36E-03	8,41E-06

Sumber : Yaws I Carl hal 60 table 3-1 Cp Liquid

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Cp} \cdot \Delta T \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = -1,29\text{E}+04 \text{ j/mol.k} = -3089,7 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \text{ H}_2\text{O} = -1,00\text{E}+04 \text{ j/mol.k} = -2392,8 \text{ kkal/kmol} \\ \text{Cp} \cdot \Delta T \text{ C}_2\text{H}_4 = -1,11\text{E}+04 \text{ j/mol.k} = -2642,7 \text{ kkal/kmol} \end{array} \right.$$

Tabel B.14. Panas bahan keluar kondensor

Komponen	Massa (kg/jam)	BM	Massa kmol/jam	Cp ΔT kkal/kmol	ΔH ₁₄ kkal/jam
C ₂ H ₅ OH	53,4991	46	1,1630	-3.089,7366	-3.593,437
H ₂ O	14,0071	18	0,7782	-2.392,8091	-1.862,020
C ₂ H ₄	8770,8776	28	313,2456	-2.642,7342	-827.824,948
Total					-833280,4053

C. Menghitung panas yang hilang (Q_{loss}) pada kondensor

$$Q_{\text{loss}} = 2\% \text{ panas masuk}$$

$$Q_{\text{loss}} = 2\% \times \Delta H_6$$

$$= 2\% \times 45.858,7 = 917,17332$$

D. Menentukan panas yang diserap oleh pendingin refrigerant

Neraca panas total :

$$\begin{aligned} \Delta H_{11} &= Q_{\text{refrigerant}} + \Delta H_{12} + Q_{\text{loss}} \\ 45.858,7 &= Q_{\text{refrigerant}} + -833280,4 + 917,17332 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{refrigerant}} = 878.221,9 \text{ kkal/jam}$$

E. Mencari suhu refrigerant keluar :

Diketahui :

$$t_1 = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = -130 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = -161 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sehingga T_2 dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} T_1 - t_2 &= T_2 - t_1 \\ -161 - (-130) &= T_2 - 50 \\ -31 &= T_2 - 50 \\ -31 + 50 &= T_2 \\ 19 &= T_2 \end{aligned}$$

G. Menentukan massa refrigerant sebagai media pendingin

$$\begin{aligned} Q_{\text{refrigerant}} &= m \times C_p \times \Delta T \\ 878.221,9 &= m \times 1,373 \times (19,0 - (-161)) \\ m &= \frac{878.221,9}{C_p \times \Delta T} \\ &= \frac{878.221,9}{1,373 \times 180} = 3553,5401 \end{aligned}$$

Neraca Panas Total Kondensor

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_{11}	45858,67	ΔH_{12}	-833.280,4
		Q_{loss}	917,173
		Q_R	878221,90
Total	45.858,67	Total	45.858,67