

APPENDIKS B PERHITUNGAN NERACA PANAS

Kapasitas produksi Karbon Tetraklorida = 50.000 ton/tahun
 Jumlah hari kerja = 1 tahun = 330 hari
 Jumlah waktu kerja perhari = 1 hari = 24 jam
 Kapasitas produksi Karbon Tetraklorida = $\frac{50.000}{\text{tahun}} \times \frac{1000}{\text{ton}} \times \frac{1}{330} \times \frac{1}{24}$
 = 6313,1313 kg/jam
 Suhu referensi = 25 °C = 298,15 K
 Suhu lingkungan = 30 °C = 303,15 K
 Satuan = K Kal/jam.
 Steam yang digunakan = Saturated Steam 140°C

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

Data Cp tiap komponen:

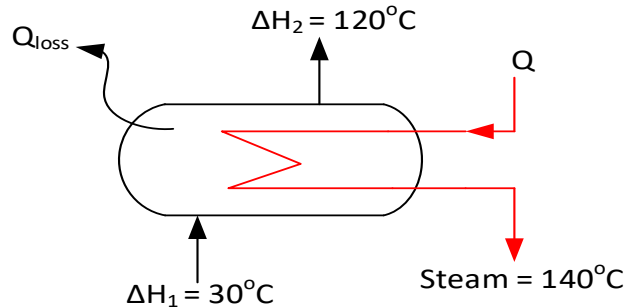
Komponen	Konstanta Cp				
	a	b	c	d	e
CS ₂	27,444	8,127,E-02	-7,6660,E-05	2,6729,E-08	
H ₂ O	32,243	1,924,E-03	1,0555,E-05	-3,5960,E-09	
Cl ₂	26,929	3,38,E-02	-3,8690,E-05	1,5470,E-08	
CO ₂	19,795	7,34,E-02	-5,6020,E-05	1,7153,E-08	
CCl ₄	40,717	2,049,E-01	-2,2700,E-04	8,8425,E-08	
S ₂ Cl ₂ [†]	51,240	1,155,E-01	-1,6270,E-04	1,0449,E-07	-2,47E-11

Coulson; C_p (J/g.mol K) = a+bT+cT²+dT³

[†]Yaws; C_p (J/g.mol K) = a+bT+cT²+dT³+eT⁴

1. Vaporizer (V-113)

Fungsi : untuk menguapkan Karbon Disulfida



Keterangan:

ΔH_1 : Panas yang terkandung pada bahan masuk (*Fresh Feed*)

ΔH_2 : Panas yang terkandung dalam bahan keluar vaporizer.

Q_{steam} : Panas yang dibutuhkan dari steam.

Q_{loss} : Panas yang hilang.

Overall energy balance :

Panas masuk = Panas keluar

$$\Delta H_1 + Q_{\text{steam}} = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$$

Direncanakan :

suhu bahan masuk = 30 °C = 303,15 K

suhu bahan keluar = 120 °C = 393,15 K

Menghitung kandungan panas bahan yang masuk :

Komponen	T	m (kmol)	$\int C_p dT$	ΔH_1 (kkal/jam)
CS ₂	303,15	52,5462	228,3678	2.868,0874
H ₂ O	303,15	2,2451	168,3888	90,3587
Jumlah				2.958,4461

Menghitung kandungan panas bahan yang keluar :

a. Panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur Karbon Disulfida dari

30 °C = 303,15 K menjadi 120 °C = 393,15 K

Komponen	T	m (kmol)	$\int C_p dT$	ΔH_{2a} (kkal/jam)
CS ₂	393,15	52,5462	4.506,9632	56.603,2606
H ₂ O	393,15	2,2451	3.232,4359	1.734,5501
Jumlah				58.337,8106

- b. Panas yang dibutuhkan untuk menguapkan Karbon Disulfida pada temperatur
 $120\text{ }^{\circ}\text{C} = 393,15\text{ K}$

Komponen	m (kmol)	λ^+	ΔH_{2b} (kkal/jam)
CS ₂	52,5462	26,754	336,0053
H ₂ O	2,2451	40,683	21,8308
Jumlah			357,8361

⁺ Couldson and Richardson's (J/mol)

Panas yang keluar dari vaporizer (ΔH_2)

$$\begin{aligned}\Delta H_2 &= \Delta H_{2a} + \Delta H_{2b} \\ &= 58.337,8106 + 357,836 \\ &= 58.695,647 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Menghitung panas yang hilang (Q_{Loss})

$$\begin{aligned}Q_{Loss} &= 1\% \times \text{Panas yang masuk} \\ &= 1\% \times \Delta H_1 \\ &= 1\% \times 2.958,4461 \\ &= 29,5845 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Overall energy balance :

$$\begin{aligned}\Delta H_1 + Q_{Steam} &= \Delta H_2 + Q_{Loss} \\ 2.958,4461 + Q_{Steam} &= 58.695,6468 + 29,5845 \\ Q_{Steam} &= 55.766,7851 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan steam :

Berdasarkan steam tabel App.F Van nes, didapatkan :

$$\begin{aligned}\text{Kondisi steam masuk: } T &= 140\text{ }^{\circ}\text{C} \\ P &= 361,379 \text{ kPa} \\ \lambda &= 2144,00 \text{ kJ/kg} = 512,44 \text{ kkal/kg}\end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan steam:

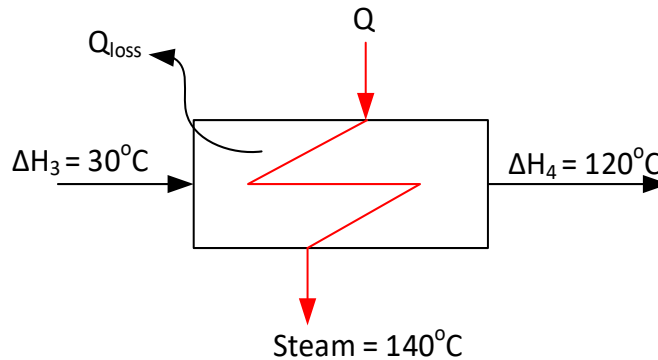
$$Q = m_s \cdot \lambda_s$$

$$\begin{aligned}m_s &= \frac{Q_t}{\lambda_s} = \frac{55766,7851}{512,4374} \\ &= 108,827 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Neraca Panas Vaporizer (V-113)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_1	2.958,4461	ΔH_2	58.695,6468
Q_{Steam}	55.766,7851	Q_{Loss}	29,5845
Total	58.725,2312	Total	58.725,2312

2. Heater (E-114)

Fungsi : untuk memanaskan klorin dari suhu 30 °C sampai suhu 120 °C.



Keterangan:

ΔH_3 : Panas yang terkandung pada bahan masuk (*Fresh Feed*)

ΔH_4 : Panas yang terkandung pada bahan keluar heater

Q_{steam} : Panas yang terkandung dalam pemanas

Q_{loss} : Panas yang hilang.

Overall energy balance :

Panas masuk = Panas keluar

$$\Delta H_3 + Q_{\text{steam}} = \Delta H_4 + Q_{\text{loss}}$$

Direncanakan :

suhu bahan masuk = 30,0 °C = 303,15 K

suhu bahan keluar = 120 °C = 393,15 K

Menghitung kandungan panas bahan yang masuk :

Komponen	T	m (kmol)	$\int C_p dT$	ΔH_3 (kkal/jam)
Cl ₂	303,15	157,6386	170,1277	6.409,9381
CO ₂	303,15	2,5694	186,3796	114,4580
Jumlah				6.524,3961

Menghitung kandungan panas bahan yang keluar :

Komponen	T	m (kmol)	$\int C_p dT$	ΔH_4 (kkal/jam)
Cl ₂	393,15	157,6386	3.289,3	123.932,5880
CO ₂	393,15	2,5694	3.720,7	2.284,9019
Jumlah				126.217,4899

Menghitung panas yang hilang (Q_{Loss})

$$\begin{aligned} Q_{Loss} &= 1\% \times \text{Panas yang masuk} \\ &= 1\% \times \Delta H_3 \\ &= 1\% \times 6.524,3961 \\ &= 65,2440 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Overall energy balance :

$$\begin{aligned} \Delta H_3 + Q_{Steam} &= \Delta H_4 + Q_{Loss} \\ 6.524,3961 + Q_{Steam} &= 126.217,4899 + 65,2440 \\ Q_{Steam} &= 119.758,3378 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan steam :

Berdasarkan steam tabel App.F Van nes, didapatkan :

Kondisi steam masuk: $T = 140 \text{ }^\circ\text{C}$

$$P = 361,379 \text{ kPa}$$

$$\lambda = 2144,00 \text{ kJ/kg} = 512,44 \text{ kkal/kg}$$

Sehingga kebutuhan steam:

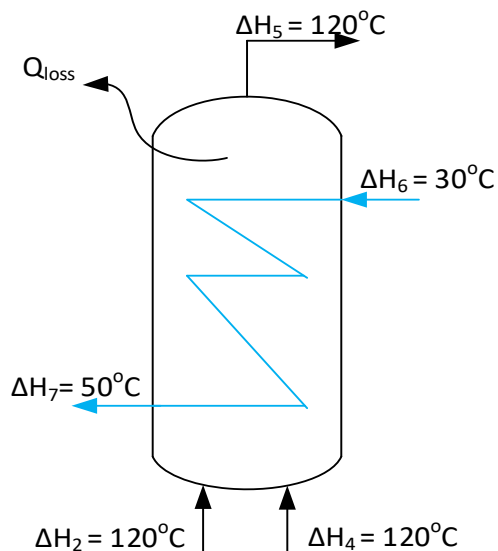
$$Q = m_s \cdot \lambda_s$$

$$\begin{aligned} m_s &= \frac{Q}{\lambda_s} = \frac{119758,3378}{512,4374} \\ &= 233,70333 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Heater (E-114)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_3	6.524,3961	ΔH_4	126.217,4899
Q_{Steam}	119.758,3378	Q_{Loss}	65,2440
Total	126.282,7339	Total	126.282,7339

3. Reaktor (R-110)

Fungsi: untuk tempat terjadinya reaksi antara klorin dan Karbon Disulfida



Keterangan:

- ΔH_2 : Panas yang terkandung pada bahan Karbon Disulfida
- ΔH_4 : Panas yang terkandung pada bahan Klorin
- ΔH_5 : Panas yang terkandung pada produk bahan keluar
- ΔH_6 : Panas yang terkandung dalam cooling water masuk
- ΔH_7 : Panas yang terkandung dalam cooling water keluar
- ΔH_R : Panas yang timbul akibat terjadinya reaksi
- Q_{loss} : Panas yang hilang

Overall energy balance :

Panas masuk = Panas keluar

$$\Delta H_2 + \Delta H_4 + \Delta H_6 + \Delta H_R = \Delta H_5 + \Delta H_7 + Q_{loss}$$

$$\Delta H_2 + \Delta H_4 + \Delta H_R = \Delta H_5 + (\Delta H_7 - \Delta H_6) + Q_{loss}$$

$$\Delta H_2 + \Delta H_4 + \Delta H_R = \Delta H_5 + Q_{cw} + Q_{loss}$$

Direncanakan:

Suhu bahan (CS₂) masuk = 120 °C = 393,15 K

Suhu bahan (Cl₂) masuk = 120 °C = 393,15 K

Suhu produk keluar = 120 °C = 393,15 K

Suhu cooling water masu = 30 °C = 303,15 K

Suhu cooling water kelu = 50 °C = 323,15 K

Menghitung kandungan panas bahan yang masuk :

a.	Komponen	T	m (kmol)	∫C _p dT	ΔH ₂ (kkal/jam)
	CS ₂	393,15	52,5462	4.506,9632	56.603,261
	H ₂ O	393,15	2,2451	3.232,4359	1.734,5501
	Jumlah				58.337,8106

Komponen	T	m (kmol)	$\int Cp dT$	ΔH_4 (kkal/jam)
Cl ₂	393,15	157,6386	3.289,3253	123.932,5880
CO ₂	393,15	2,5694	3.720,6582	2.284,9019
Jumlah				126.217,4899

Menghitung kandungan panas bahan yang keluar :

Komponen	T	m (kmol)	$\int Cp dT$	ΔH_5 (kkal/jam)
CS ₂	393,15	5,2546	4.506,9632	5.660,3261
H ₂ O	393,15	2,2451	3.232,4359	1.734,5501
Cl ₂	393,15	15,7639	3.289,3253	12.393,2588
CO ₂	393,15	1,2830	3.720,6582	1.140,9420
CCl ₄	393,15	47,2916	8.355,8323	94.447,3249
S ₂ Cl ₂	393,15	47,2916	7.184,7388	81.210,2655
Jumlah				196.586,6674

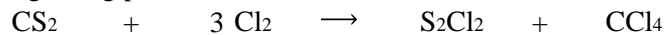
Menghitung panas reaksi dari masing-masing komponen

⁺ ΔH_f Dikutip dari Carls and Yaws Tabel & * David M. Himmelblau Tabel F.1

Menghitung panas reaksi standart:

$$\Delta H_{R\ 25} = \Delta H_{f\ produk} - \Delta H_{f\ reaktan}$$

Menghitung panas reaksi



Komponen produk	$\Delta H_{f\ 298}^\circ$	$\Delta H_{f\ 298}^\circ$	kmol/jam	$\Delta H_{rxn\ (298,15)}$
	kJ/kmol	kkal/kmol		kkal/jam
*CCl ₄	139.500,00	33.341,8950	47,292	1.576.791
S ₂ Cl ₂	-59.400,00	-14.197,1940	47,2916	-2.685.631
Jumlah				-1.108.840

Komponen reaktan	$\Delta H_{f\ 298}^\circ$	$\Delta H_{f\ 298}^\circ$	kmol/jam	$\Delta H_{rxn\ (298,15)}$
	kJ/kmol	kkal/kmol		kkal/jam
CS ₂	116.600,00	27.868,5660	52,5462	1.464.387
Cl ₂	0,00	0,000	157,6386	0
Jumlah				1.464.387

$$\begin{aligned} \Delta H_{rxn\ 298}^\circ &= \Delta H_{f\ 298\ produ}^\circ - \Delta H_{f\ 298\ reaktan}^\circ \\ &= -1.108.840 - 1.464.387 \\ &= -2.573.228 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{reaktan} &= \Delta H_{CS_2} + \Delta H_{Cl_2} \\ &= 58.337,811 + 126.217,4899 \\ &= 184.555,30 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{produk} &= \Delta H_{CCl_4} + \Delta H_{S_2Cl_2} \\ &= 94.447,325 + 81.210,2655 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 175.657,59 \text{ kkal/jam} \\
 \Delta H_{\text{rxn}} &= \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} + \Delta H_{\text{rxn } 298,15} \\
 &= 175.657,5905 - 184.555,3006 + -2.573.227,61 \\
 &= -2.582.125,32 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

ΔH_{rxn} bernilai negatif, sehingga reaksi eksotermis

Menghitung panas yang hilang (Q_{Loss})

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Loss}} &= 1\% \times \text{Panas yang masuk} \\
 &= 1\% \times (\Delta H_2 + \Delta H_4 + \Delta H_R) \\
 &= 1\% \times (58.337,8106 + 126.217,4899 + 2.582.125,316) \\
 &= 27.666,8062 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Overall energy balance :

$$\begin{aligned}
 \Delta H_2 + \Delta H_4 + \Delta H_R &= \Delta H_5 + Q_{\text{cw}} + Q_{\text{loss}} \\
 Q_{\text{cw}} &= (\Delta H_2 + \Delta H_4 + \Delta H_R) - (\Delta H_5 + Q_{\text{loss}}) \\
 &= (58.337,811 + 126.217,4899 + 2.582.125,316) \\
 &\quad - (196.586,667 + 27.666,8062) \\
 &= 2.542.427,143 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan cooling water :

$$\begin{aligned}
 \text{Pendingin masuk} &= 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K} \\
 \text{Pendingin keluar} &= 50 \text{ }^\circ\text{C} = 323,15 \text{ K} \\
 \text{Suhu referensi} &= 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{cw}} &= \Delta H_7 - \Delta H_6 \\
 \Delta H_7 &= m \times J_{\text{Cp}} dT \\
 &= m \times 24,75 \\
 &= m \times 24,75 \\
 \Delta H_6 &= m \times J_{\text{Cp}} dT \\
 &= m \times 4,95 \\
 &= m \times 4,95 \\
 Q_{\text{c}} &= \Delta H_7 - \Delta H_6 \\
 2.542.427,1434 &= 24,8 \text{ m} - 4,95 \text{ m} \\
 2.542.427,1434 &= 19,8 \text{ m} \\
 m &= 128.405,4 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

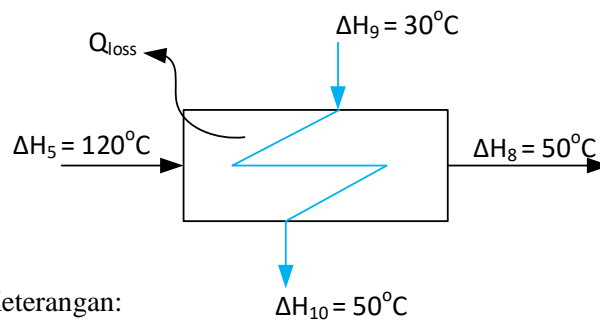
maka, didapatkan :

$$\begin{aligned}
 \Delta H_7 &= m \times 24,75 \\
 &= 128.405,4113 \times 24,75 \\
 &= 3.178.033,929 \text{ kkal/jam} \\
 \Delta H_6 &= m \times 4,95 \\
 &= 128.405,41 \times 4,95 \\
 &= 635.606,79 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas Reaktor (R-110)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_2	58.337,8106	ΔH_5	196.586,6674
ΔH_4	126.217,4899	ΔH_7	3.178.033,9293
ΔH_6	635.606,7859	Q_{Loss}	27.666,8062
ΔH_{rxn}	2.582.125,3165		
Total	3.402.287,4029	Total	3.402.287,4029

4. Kondensor (E-123)

Fungsi : Untuk mengkondensasikan produk R-110



Keterangan:

- ΔH_5 : Panas bahan masuk kondensor
- ΔH_8 : Panas bahan keluar kondensor menuju flash drum
- ΔH_9 : Panas yang terkandung dalam pendingin masuk
- ΔH_{10} : Panas yang terkandung dalam pendingin keluar
- Q_{Loss} : Panas yang hilang

Overall energy balance :

Panas masuk = Panas keluar

$$\Delta H_5 + \Delta H_9 = \Delta H_8 + \Delta H_{10} + Q_{loss}$$

$$\Delta H_5 = \Delta H_8 + (\Delta H_{10} - \Delta H_9) + Q_{loss}$$

$$\Delta H_5 = \Delta H_8 + Q_{cw} + Q_{loss}$$

Suhu bahan masuk = 120 °C = 393,15 K

Suhu bahan keluar = 50 °C = 323,15 K

Suhu pendingin masuk = 30 °C = 303,15 K

Suhu pendingin keluar = 50 °C = 323,15 K

Menghitung kandungan panas bahan yang masuk :

Komponen	T	m (kmol)	$\int C_p dT$	ΔH_{5a} (kkal/jam)
CS ₂	393,15	5,2546	4.506,9632	5.660,3261
H ₂ O	393,15	2,2451	3.232,4359	1.734,5501
Cl ₂	393,15	15,7639	3.289,3253	12.393,2588
CO ₂	393,15	1,2830	3.720,6582	1.140,9420

CCl ₄	393,15	47,2916	8.355,8323	94.447,3249
S ₂ Cl ₂	393,15	47,2916	7.184,7388	81.210,2655
Jumlah				196.586,6674

Komponen	T	m (kmol)	$\lambda +$	ΔH_{5b} (kkal/jam)
CS ₂	393,15	5,2546	26,7540	33,6005
H ₂ O	393,15	2,2451	40,6830	21,8308
CCl ₄	393,15	47,2916	30,0190	339,3096
S ₂ Cl ₂	393,15	47,2916	41,1000	464,5600
Jumlah				859,3009

Panas bahan masuk kondensor (ΔH_5)

$$\begin{aligned}\Delta H_5 &= \Delta H_{5a} + \Delta H_{5b} \\ &= 196.586,6674 + 859,3009 \\ &= 197.445,9683 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Menghitung kandungan panas bahan yang keluar :

Komponen	T	m (kmol)	$\int Cp dT$	ΔH_g (kkal/jam)
CS ₂	323,15	5,2546	1.152,2485	1.447,1168
H ₂ O	323,15	2,2451	843,7948	452,7868
Cl ₂	323,15	15,7639	854,2391	3.218,5344
CO ₂	323,15	1,2830	942,8478	289,1248
CCl ₄	323,15	47,2916	2.127,3456	24.045,7322
S ₂ Cl ₂	323,15	47,2916	1.857,8521	20.999,6034
Jumlah				50.452,8985

Menghitung panas yang hilang (Q_{Loss})

$$\begin{aligned}Q_{Loss} &= 1\% \times \text{Panas yang masuk} \\ &= 1\% \times \Delta H_5 \\ &= 1\% \times 197.445,9683 \\ &= 1.974,460 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Overall energy balance :

$$\begin{aligned}\Delta H_5 &= \Delta H_g + Q_{cw} + Q_{Loss} \\ 197.445,9683 &= 50.452,8985 + Q_s + 1.974,4597 \\ Q_{cw} &= 145.018,6102 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan pendingin:

$$\begin{aligned}\text{Pendingin masuk} &= 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303,15 \\ \text{Pendingin keluar} &= 50 \text{ }^\circ\text{C} = 323,15 \\ \text{Suhu referensi} &= 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298,15\end{aligned}$$

$$Q_{cw} = \Delta H_{10} - \Delta H_9$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{10} &= m \times \int Cp dT \\ &= m \times 201,675 \\ &= m \times 201,675\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_9 &= m \times \int C_p dT \\ &= m \times 40,2466 \\ &= m \times 40,2466 \\ Q_{cw} &= \Delta H_{10} - \Delta H_9 \\ 145.018,6102 &= 201,675 \text{ m} - 40,2466 \text{ m} \\ 145.018,6102 &= 161,429 \text{ m} \\ m &= 898,344 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

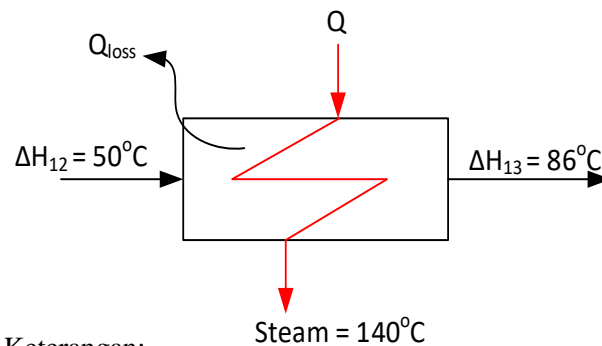
maka, didapatkan:

$$\begin{aligned} \Delta H_{10} &= m \times 201,68 \\ &= 898,3441 \times 201,68 \\ &= 181.173,9023 \text{ kkal/jam} \\ \Delta H_9 &= m \times 40,25 \\ &= 898,3441 \times 40,25 \\ &= 36.155,2921 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Kondensor E-123			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_5	197.445,9683	ΔH_8	50.452,8985
ΔH_9	36.155,2921	ΔH_{10}	181.173,9023
		Q_{Loss}	1.974,4597
Total	233.601,2604	Total	233.601,2604

5. Heater (E-121)

Fungsi : untuk memanaskan bahan dari suhu 50 °C sampai suhu 86 °C.



Keterangan:

ΔH_{12} : Panas yang terkandung pada bahan masuk heater

ΔH_{13} : Panas yang terkandung pada bahan keluar heater

Q_{steam} : Panas yang terkandung dalam pemanas

Q_{loss} : Panas yang hilang.

Overall energy balance :

$$\text{Panas masuk} = \text{Panas keluar}$$

$$\Delta H_{12} + Q_{\text{steam}} = \Delta H_{13} + Q_{\text{loss}}$$

Direncanakan :

suhu bahan masuk = 50 °C = 323,15 K

suhu bahan keluar = 86 °C = 359,26 K

Menghitung kandungan panas bahan yang masuk :

Komponen	T	m (kmol)	∫CpdT	ΔH ₁₂ (kkal/jam)
CS ₂	323,15	4,6545	1.152,2485	1.217,7511
H ₂ O	323,15	2,2143	843,7948	424,2507
CCl ₄	323,15	45,1879	2.127,3456	21.827,2769
S ₂ Cl ₂	323,15	45,9568	1.857,8521	19.386,5409
Jumlah				42.855,8196

Menghitung kandungan panas bahan yang keluar :

Komponen	T	m (kmol)	∫CpdT	ΔH ₁₃ (kkal/jam)
CS ₂	359,26	4,6545	2.860,5633	3.182,2944
H ₂ O	359,26	2,2143	2.071,1544	1.096,1617
CCl ₄	359,26	45,1879	5.294,0168	57.177,2429
S ₂ Cl ₂	359,26	45,9568	4.584,8573	50.360,6578
Jumlah				111.816,3567

Menghitung panas yang hilang (Q_{Loss})

$$\begin{aligned} Q_{\text{Loss}} &= 1\% \times \text{Panas yang masuk} \\ &= 1\% \times \Delta H_{12} \\ &= 1\% \times 42.855,8196 \\ &= 428,5582 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Overall energy balance :

$$\begin{aligned} \Delta H_{12} + Q_{\text{Steam}} &= \Delta H_{13} + Q_{\text{Loss}} \\ 42.855,8196 + Q_{\text{Steam}} &= 111.816,3567 + 428,5582 \\ Q_{\text{Steam}} &= 69.389,0953 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan steam :

Berdasarkan steam tabel App.F Van nes, didapatkan :

Kondisi steam masuk: T = 140 °C

P = 361,379 kPa

λ = 2144,00 kJ/kg = 512,44 kkal/kg

Sehingga kebutuhan steam:

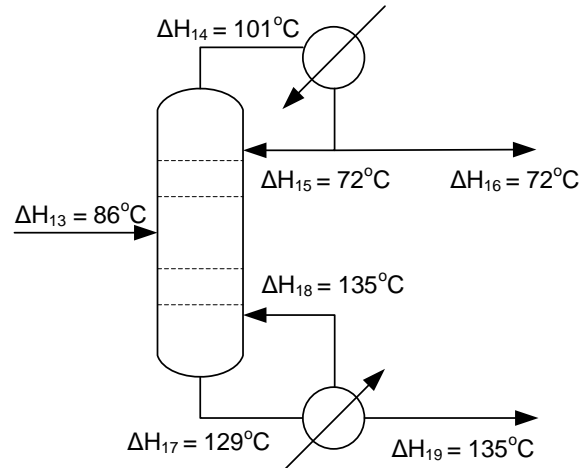
$$\begin{aligned} Q &= m_s \cdot \lambda_s \\ m_s &= \frac{Q_t}{\lambda_s} = \frac{69389,0953}{512,4374} \\ &= 135,40989 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Panas Heater E-121			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH ₁₂	42.855,8196	ΔH ₁₃	111.816,3567

Q_{Steam}	69.389,0953	Q_{Loss}	428,5582
Total	112.244,9149	Total	112.244,9149

6. Kolom Destilasi D-120

Fungsi: Untuk memisahkan Produk utama Karbon Tetraklorida dari impuritisnya



Keterangan:

- ΔH_{13} : Panas bahan masuk kolom destilasi
- ΔH_{14} : Panas vapor menuju kondensor
- ΔH_{15} : Panas liquid keluar kondensor yang refluks
- ΔH_{16} : Panas liquid keluar kondensor sebagai destilat
- ΔH_{17} : Panas liquid masuk reboiler
- ΔH_{18} : Panas vapor keluar reboiler
- ΔH_{19} : Panas liquid keluar reboiler sebagai bottom
- Q_{Loss} : Panas yang hilang
- Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam
- $Q_{\text{Pendingin}}$: Panas yang terkandung pada air pendingin

Direncanakan:

- Suhu bahan masuk = 86,1135 °C = 359,26 K
- Suhu liquid keluar kondensc = 74,8438 °C = 347,99 K
- Suhu liquid keluar reboiler = 135,038 °C = 408,19 K
- Suhu air pendingin masuk = 30 °C = 303,15 K
- Suhu air pendingin keluar = 50 °C = 323,15 K

Data yang diperoleh dari perhitungan temperatur bubble point dan dew point

Temperatur pada feed :

- Buble point = 86,1135 °C = 359,2635 K
- Dew point = 101,8721 °C = 375,0221 K

Temperatur pada destilat :

Buble point = 72,4739 °C = 345,6239 K

Dew point = 74,8438 °C = 347,9938 K

Temperatur pada bottom :

Buble point = 129,1078 °C = 402,2578 K

Dew point = 135,0381 °C = 408,1881 K

a. Komposisi masing-masing komponen pada tiap aliran bahan dalam kolom destilasi

Komponen	Feed		Destilat		Bottom	
	kmol/jam	X _F	kmol/jam	X _D	kmol/jam	X _B
CS ₂	4,6545	0,0475	4,6545	0,0942	0	0
CCl ₄	45,1879	0,461	44,736	0,9054	0,4519	0,0093
H ₂ O	2,2143	0,0226	0,0221	0,0004	2,1922	0,0451
S ₂ Cl ₂	45,9568	0,4689	0	0	45,957	0,9456
Jumlah	98,0135	1	49,4126	1	48,601	1

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

1. Menghitung panas laju alir bagian atas

Menghitung aliran keluar kondensor yang direfluks

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

$$L_o = R \times D$$

$$= 1,88724 \times 49,4126$$

$$= 93,2537 \text{ kmol/jam}$$

Komponen	x _D	Panas liquid yang direfluks, L _o			
		kmol/jam	T _{ref}	T	ΔH ₁₅ kkal/jam
CS ₂	0,0942	8,7842	298,15	345,62	4638,8728
CCl ₄	0,9054	84,4278	298,15	345,62	82445,1400
H ₂ O	0,0004	0,0418	298,15	345,62	16,0450
Jumlah	1	93,2537	Jumlah		87100,0578

Menghitung aliran vapor masuk kondensor

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

$$= 2,8872 \times 49,4126$$

$$= 142,666 \text{ kmol/jam}$$

Komponen	x _D	Panas Sensibel		
		T _{ref}	T	kkal/jam
CS ₂	0,0942	298,15	347,9938	7458,637
CCl ₄	0,9054	298,15	347,9938	132579,98
H ₂ O	0,0004	298,15	347,9938	25,779
Jumlah	1			140064,39

Komponen	kmol/jam	λ^* kJ/kmol	Panas latent kkal/jam	Panas vapor masuk kondensor ΔH_{14} kkal/jam
CS ₂	13,4387	26,7540	85,9332	7544,57023
CCl ₄	129,1637	30,0190	926,7293	133506,70556
H ₂ O	0,0639	40,6830	0,6217	26,40090
Jumlah	142,6663			141077,6767

2. Menghitung panas laju alir bagian bawah

Menghitung aliran liquid masuk reboiler

$$\begin{aligned} \bar{L} &= L_o + q F \\ &= 93,2537 + 1 \times 98,0135 \\ &= 191,2672 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

Komponen	x_B	Panas liquida masuk reboiler, \bar{L}			
		kmol/jam	T_{ref}	T	ΔH_{17} kkal/jam
CCl ₄	0,0093	1,7784	298,15	402,26	3907,1645
H ₂ O	0,0451	8,6274	298,15	402,26	7312,3784
S ₂ Cl ₂	0,9456	180,8615	298,15	402,26	341049,3472
Jumlah	1	191,2672	Jumlah		352268,8900

Menghitung aliran vapor keluar reboiler ke kolom distilasi

$$\begin{aligned} \bar{V} &= V + F(q - 1) \\ &= 142,6663 + 98,0135 \times (1 - 1) \\ &= 142,6663 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

Komponen	x_B	Panas vapor keluar reboiler, \bar{V}			
		kmol/jam	T_{ref}	T	ΔH_{18} kkal/jam
CCl ₄	0,0093	1,3265	298,15	408,19	51184,6711
H ₂ O	0,0451	6,4352	298,15	408,19	5769,1387
S ₂ Cl ₂	0,9456	134,9047	298,15	408,19	269228,8846
Jumlah	1	142,6663	Jumlah		326182,6945

d. Menghitung panas feed masuk, destilat keluar dan bottom keluar

1. Menghitung panas pada feed masuk kolom destilasi

Komposisi	x_F	Panas liquida masuk kolom destilasi, F			
		kmol/jam	T_{ref}	T	ΔH_{13} kkal/jam
CS ₂	0,0475	4,6545	298,15	359,26	3182,2944
CCl ₄	0,4610	45,1879	298,15	359,26	57177,2429
H ₂ O	0,0226	2,2143	298,15	359,26	1096,1617
S ₂ Cl ₂	0,4689	45,9568	298,15	359,26	50360,6578
Jumlah	1	52,0567	Jumlah		111816,3567

2. Menghitung panas liquid keluar sebagai destilat

Komposisi	x_D	Panas liquid keluar sebagai destilat, D			
		kmol/jam	T_{ref}	T	ΔH_{16} kkal/jam
CS ₂	0,0942	4,6545	298,15	345,62	2458,0134
CCl ₄	0,9054	44,7360	298,15	345,62	43685,4527

H ₂ O	0,0004	0,0221	298,15	345,62	8,5018
Jumlah	1	49,4126	Jumlah	Jumlah	46151,9679

3. Menghitung panas liquid keluar sebagai bottom

Komposisi	x _B	Panas liquid keluar sebagai bottom, B			
		kmol/jam	T _{ref}	T	ΔH ₁₉ kkal/jam
CCl ₄	0,0093	0,4519	298,15	408,2	1051,9504
H ₂ O	0,0451	2,1922	298,15	408,2	1965,3204
S ₂ Cl ₂	0,9456	45,9568	298,15	408,2	91715,7716
Jumlah	1	48,6009	Jumlah	Jumlah	94733,0423

e. Menghitung Neraca Panas Overall

Overall energy balance :

$$\begin{aligned}\Delta H_{13} + Q_c &= \Delta H_{16} + \Delta H_{19} + Q_c + Q_{\text{loss}} \\ 111816,3567 + Q_R &= 46151,968 + 94733,042 + Q_c + 5896,37 \\ Q_R &= 34965,019 + Q_c\end{aligned}$$

1. Menghitung panas air keluar kondensor

Kesetimbangan panas pada kondensor:

$$\begin{aligned}\Delta H_{14} &= \Delta H_{15} + \Delta H_{16} + Q_c \\ 141077,6767 &= 87100,058 + 46151,9679 + Q_c \\ Q_c &= 7825,6509 \text{ kkal/jam} \\ Q_c &= 32741,939 \text{ kj/jam}\end{aligned}$$

2. Menghitung panas steam pada reboiler

$$\begin{aligned}Q_R &= 34965,0187 + Q_c \\ Q_R &= 34965,0187 + 7825,6509 \\ Q_R &= 42790,6696 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

f. Menghitung kebutuhan air pendingin

$$\begin{aligned}Q_c &= m \times \int C_p dT \\ 32741,9394 &= m \times 80,6488 \\ m &= 405,982 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

g. Menghitung neraca panas pada reboiler

Kesetimbangan panas pada reboiler:

$$\begin{aligned}\Delta H_{17} + Q_R &= \Delta H_{18} + \Delta H_{19} + Q_{\text{Loss}} \\ 352268,890 + Q_R &= 326182,6945 + 94733,0423 + Q_{\text{Loss}} \\ Q_R &= 68646,8467 + Q_{\text{Loss}}\end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}Q_{\text{Loss}} &= 1\% [\Delta H_{18} + \Delta H_{19}] \\ &= 1\% \times [326182,6945 + 94733,0423] \\ &= 4209,157367 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}Q_R &= 68646,847 + Q_{\text{Loss}} \\ &= 68646,847 + 4209,1574 \\ &= 72856,004 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

h. Menghitung kebutuhan steam

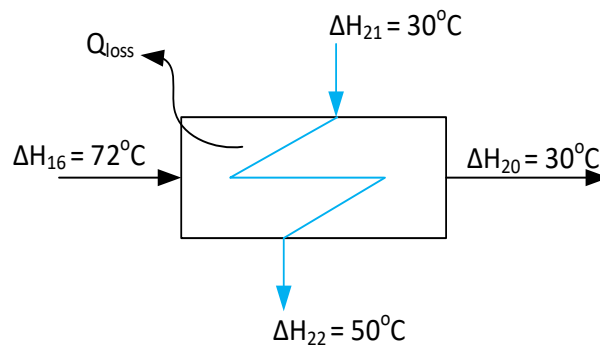
Kondisi steam masuk: $T = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $P = 361,379\text{ kPa}$
 $\lambda = 2144\text{ kJ/kg}$
 $= 512,4374\text{ kkal/kg}$

Jumlah steam yang dibutuhkan $= \frac{Q_R}{\lambda}$
 $= \frac{72856,0040}{512,4374}$
 $= 142,175\text{ kg/jam}$

Neraca Panas Kolom Destilasi D-120			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_{13}	111816,3567	ΔH_{16}	46151,9679
Q_R	42790,6696	ΔH_{19}	94733,0423
		Q_C	7825,6509
		Q_{loss}	5896,3652
Jumlah	154607,0263	Jumlah	154607,0263
Aliran Panas Kondensator			
ΔH_{14}	141077,6767	ΔH_{15}	87100,0578
		ΔH_{16}	46151,9679
		Q_C	7825,6509
Jumlah	141077,6767	Jumlah	141077,6767
Aliran Panas Reboiler			
ΔH_{17}	352268,8900	ΔH_{18}	326182,6945
Q_R	72856,0040	ΔH_{19}	94733,0423
		Q_{Loss}	4209,1574
Total	425124,8941	Total	425124,8941

7. Cooler (E-127a)

Fungsi : Untuk mendinginkan produk CCl_4 dari $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ ke $30\text{ }^{\circ}\text{C}$



Keterangan:

ΔH_{16} : Panas bahan masuk cooler

ΔH_{20} : Panas bahan keluar cooler

ΔH_{21} : Panas yang terkandung dalam pendingin masuk

ΔH_{22} : Panas yang terkandung dalam pendingin keluar

Q_{Loss} : Panas yang hilang

Overall energy balance :

Panas masuk = Panas keluar

$$\Delta H_{16} + \Delta H_{21} = \Delta H_{20} + \Delta H_{22} + Q_{loss}$$

$$\Delta H_{16} = \Delta H_{20} + (\Delta H_{22} - \Delta H_{21}) + Q_{loss}$$

$$\Delta H_{16} = \Delta H_{20} + Q_{cw} + Q_{loss}$$

Suhu bahan masuk = 72 °C = 345,62 K

Suhu bahan keluar = 30 °C = 303,15 K

Suhu pendingin masuk = 30 °C = 303,15 K

Suhu pendingin keluar = 50 °C = 323,15 K

Menghitung kandungan panas bahan yang masuk :

Komponen	T ₉	m (kmol)	∫C _p dT	ΔH ₁₆ (kkal/jam)
CS ₂	345,62	4,6545	2.209,5074	2.458,0134
CCl ₄	345,62	44,7360	4.085,6744	43.685,4527
H ₂ O	345,62	0,0221	1.606,3867	8,5018
Jumlah				46.151,9679

Menghitung kandungan panas bahan yang keluar :

Komponen	T ₁₀	m (kmol)	∫C _p dT	ΔH ₂₀ (kkal/jam)
CS ₂	303,15	4,6545	228,3678	254,0527
CCl ₄	303,15	44,7360	420,9613	4.501,0644
H ₂ O	303,15	0,0221	168,3888	0,8912
Jumlah				4.756,0083

Menghitung panas yang hilang (Q_{Loss})

$$Q_{Loss} = 1\% \times \text{Panas yang masuk}$$

$$= 1\% \times \Delta H_{16}$$

$$= 1\% \times 46.151,9679$$

$$= 461,520 \text{ kkal/jam}$$

Overall energy balance :

$$\Delta H_{16} = \Delta H_{20} + Q_{cw} + Q_{Loss}$$

$$46.151,9679 = 4.756,0083 + Q_s + 461,5197$$

$$Q_{cw} = 40.934,4400 \text{ kkal/jam}$$

Menghitung kebutuhan pendingin:

Pendingin masuk = 30 °C = 303,15

$$\text{Pendingin keluar} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C} = 323,15$$

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

$$Q_{cw} = \Delta H_{22} - \Delta H_{21}$$

$$\Delta H_{22} = m \times \int C_p dT$$

$$= m \times 201,6754$$

$$= m \times 201,68$$

$$\Delta H_{21} = m \times \int C_p dT$$

$$= m \times 40,2466$$

$$= m \times 40,2466$$

$$Q_{cw} = \Delta H_{22} - \Delta H_{21}$$

$$40.934,4400 = 201,68 \text{ m} - 40,25 \text{ m}$$

$$40.934,4400 = 161,43 \text{ m}$$

$$\text{m} = 253,576 \text{ kg/jam}$$

maka, didapatkan:

$$\Delta H_{22} = m \times 201,68$$

$$= 253,5758 \times 201,68$$

$$= 51.140,0034 \text{ kkal/jam}$$

$$\Delta H_{21} = m \times 40,25$$

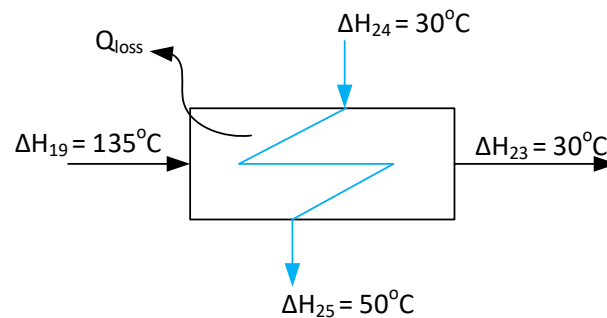
$$= 253,5758 \times 40,25$$

$$= 10.205,5635 \text{ kkal/jam}$$

Neraca Panas Cooler (E-127a)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_{16}	46.151,9679	ΔH_{20}	4.756,0083
ΔH_{21}	10.205,5635	ΔH_{22}	51.140,0034
		Q_{Loss}	461,5197
Total	56.357,5314	Total	56.357,5314

8. Cooler (E-127b)

Fungsi : Untuk mendinginkan by-produk S_2Cl_2 dari $135 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ke $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$



Keterangan:

ΔH_{19} : Panas bahan masuk cooler

- ΔH_{23} : Panas bahan keluar cooler
 ΔH_{24} : Panas yang terkandung dalam pendingin masuk
 ΔH_{25} : Panas yang terkandung dalam pendingin keluar
 Q_{Loss} : Panas yang hilang

Overall energy balance :

$$\begin{aligned}
 \text{Panas masuk} &= \text{Panas keluar} \\
 \Delta H_{19} + \Delta H_{24} &= \Delta H_{23} + \Delta H_{25} + Q_{loss} \\
 \Delta H_{19} &= \Delta H_{23} + (\Delta H_{25} - \Delta H_{24}) + Q_{loss} \\
 \Delta H_{19} &= \Delta H_{23} + Q_{cw} + Q_{loss}
 \end{aligned}$$

- Suhu bahan masuk = 135 °C = 408,19 K
 Suhu bahan keluar = 30 °C = 303,15 K
 Suhu pendingin masuk = 30 °C = 303,15 K
 Suhu pendingin keluar = 50 °C = 323,15 K

Menghitung kandungan panas bahan yang masuk :

Komponen	T ₉	m (kmol)	∫C _p dT	ΔH ₁₉ (kkal/jam)
CCl ₄	408,19	0,4519	9.739,9640	1.051,9504
H ₂ O	408,19	2,1922	3.750,9047	1.965,3204
S ₂ Cl ₂	408,19	45,9568	8.349,8457	91.715,7716
Jumlah				94.733,0423

Menghitung kandungan panas bahan yang keluar :

Komponen	T ₁₀	m (kmol)	∫C _p dT	ΔH ₂₃ (kkal/jam)
CCl ₄	303,15	0,4519	420,9613	45,4653
H ₂ O	303,15	2,1922	168,3888	88,2288
S ₂ Cl ₂	303,15	45,9568	369,4655	4.058,2563
Jumlah				4.191,9504

Menghitung panas yang hilang (Q_{Loss})

$$\begin{aligned}
 Q_{Loss} &= 1\% \times \text{Panas yang masuk} \\
 &= 1\% \times \Delta H_{19} \\
 &= 1\% \times 94.733,0423 \\
 &= 947,330 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Overall energy balance :

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{19} &= \Delta H_{23} + Q_{cw} + Q_{Loss} \\
 94.733,0423 &= 4.191,9504 + Q_s + 947,3304 \\
 Q_{cw} &= 89.593,7614 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan pendingin:

- Pendingin masuk = 30 °C = 303,15
 Pendingin keluar = 50 °C = 323,15
 Suhu referensi = 25 °C = 298,15

$$Q_{cw} = \Delta H_{25} - \Delta H_{24}$$

$$\Delta H_{25} = m \times \int C_p dT$$

$$= m \times 201,6754$$

$$= m \times 201,6754$$

$$\Delta H_{24} = m \times \int C_p dT$$

$$= m \times 40,2466$$

$$= m \times 40,2466$$

$$Q_{cw} = \Delta H_{25} - \Delta H_{24}$$

$$89.593,7614 = 201,68 \text{ m} - 40,25 \text{ m}$$

$$89.593,7614 = 161,43 \text{ m}$$

$$m = 555,005 \text{ kg/jam}$$

maka, didapatkan:

$$\Delta H_{25} = m \times 201,68$$

$$= 555,0048 \times 201,68$$

$$= 111.930,8161 \text{ kkal/jam}$$

$$\Delta H_{24} = m \times 40,25$$

$$= 555,0048 \times 40,25$$

$$= 22.337,0546 \text{ kkal/jam}$$

Neraca Panas Cooler (E-127b)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kkal/jam	Komponen	Energi kkal/jam
ΔH_{19}	94.733,0423	ΔH_{23}	4.191,9504
ΔH_{24}	22.337,0546	ΔH_{25}	111.930,8161
		Q_{Loss}	947,3304
Total	117.070,0969	Total	117.070,0969