

BAB VI. NERACA PANAS

6.1 Neraca panas

Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai panas (Q) adalah sebagai berikut:

Satuan Operasi : J/jam

Temp Referensi : 25°C

- **Panas *Sensible***

$$Q = m \int C_p dT$$

$$C_{p\text{mix}} = \sum y_i C_{p,i}$$

$$C_p = \frac{C_{p\text{mix}}}{MW_{\text{mix}}}$$

- **Panas Laten**

$$m_2 = \frac{\Delta Q}{\lambda}$$

$$Q_s = m_s \times H_v$$

$$Q_c = m_s \times H_l$$

$$Q = n \cdot \Delta H_{vi}$$

- **Panas Reaksi**

$$Q_R = - \Delta H_R$$

$$\Delta H_R = \Delta H^\circ_r 298 + (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaksi}})$$

$$\Delta H^\circ_r 298 = \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_{\text{produk}} = \sum (m \cdot C_p \cdot \Delta T)_{\text{produk}}$$

$$\Delta H_{\text{reaktan}} = \sum (m \cdot C_p \cdot \Delta T)_{\text{reaktan}}$$

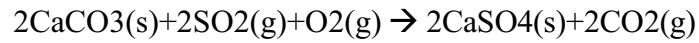
6.2 Neraca panas masing-masing peralatan

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran, diperoleh neraca panas masing-masing peralatan unit *Carbon Capture*, unit *Reforming*, unit *Methanol Syntesis* dan unit *Product Upgrading* sebagai berikut :

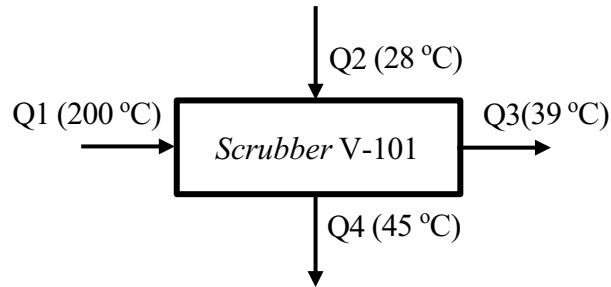
6.1.1 Neraca Panas Unit *Carbon Capture*

- *Scrubber*

Flue gas yang masuk ke dalam *Scrubber* V-101 guna untuk dihilangkan kandungan SO₂ dan kadar abunya sebelum dialirkan ke *Absorber* C-101. Pada scrubber terjadi reaksi :



Ini adalah reaksi pengikatan SO_2 menjadi kalsium /sulfat (CaSO_4) + CO_2

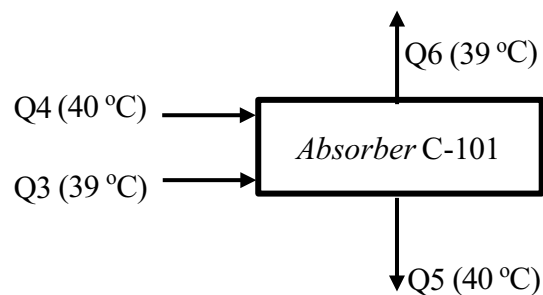


Tabel 6. 1 Neraca panas scrubber V-101

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q_1	102021775	
2	Q_2	300628.442	
4	Q_3		7739648.39
5	Q_4		4404668.881
6	Q_{reaction}		90178086.45
	Total	102322404	102322403.7

- *Absorber C-101*

Setelah *Flue gas* dipisahkan kandungan SO_2 dan abunya, *Flue gas* dialirkan ke *Absorber C-101* guna dikontakkan dengan *Monoethanolamine* (MEA) untuk diikat kandungan CO_2 . *Top product* sebagai *off gas* dibuang ke udara, sedangkan *bottom product* dipompakan ke kolom *Stripper C-102*.

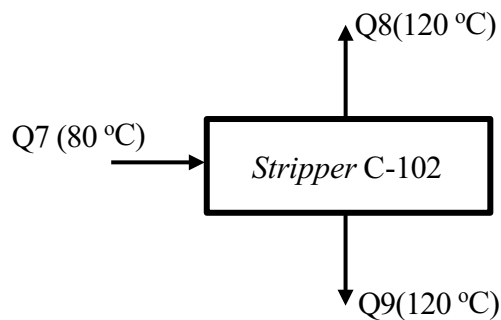


Tabel 6. 2 Neraca Panas *Absorber C-101*

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q ₃	8080739.802	
2	Q ₄	12464035.05	
3	Q ₅		13483313.48
4	Q ₆		7061461.369
	Total	20544774.85	20544774.85

- *Stripper C-102*

Rich Amine atau *Monoethanolamine* dipisahkan kandungan CO₂-nya. *Top product* pada kolom *Stripper C-102* dialirkan ke CO₂ *Drum*, sedangkan *bottom product*-nya dipompakan kembali ke kolom *Absorber C-101*.

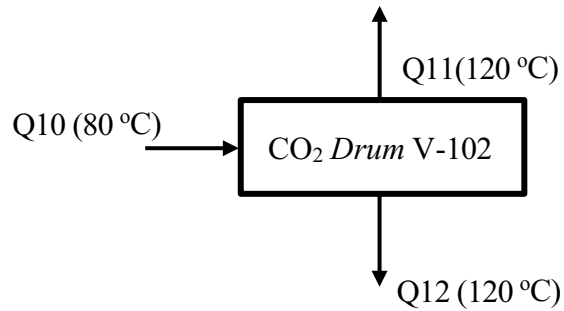


Tabel 6. 3 Neraca panas *Stripper C-102*

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q ₇	111277229.4	
2	Q ₈		11351396.79
3	Q ₉		99925832.61
	Total	111277229.4	111277229.4

- **CO₂ *Drum***

Pada CO₂ *Drum*, kandungan CO₂ dan H₂O terpisah karena telah mengalami proses kondensasi pada AC-101. CO₂ sebagai *top product* dialirkan ke unit *Reforming*, sedangkan H₂O sebagai *bottom product* dipompakan kembali ke *Stripper C-102* sebagai *reflu*./



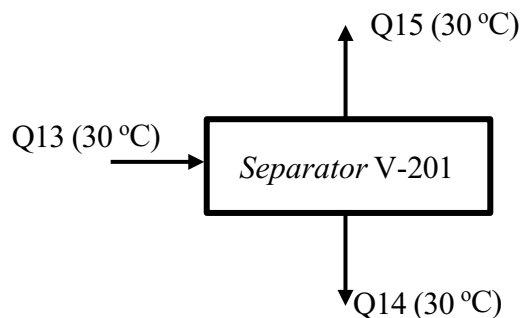
Tabel 6. 4 Neraca panas CO₂ Drum V-102

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q ₁₀	4215547.923	
2	Q ₁₁	7520920.959	
3	Q ₁₂		11736468.88
	Total	11736468.88	11736468.88

6.1.2 Neraca Panas Unit *Reforming*

- **Separator V-201**

Natural Gas masuk ke dalam *Separator V-201* guna memisahkan kandungan kondensat (C₆+) yang berada di *bottom product*, sedangkan bagian *top product* dialirkan ke *Heater H-201*.



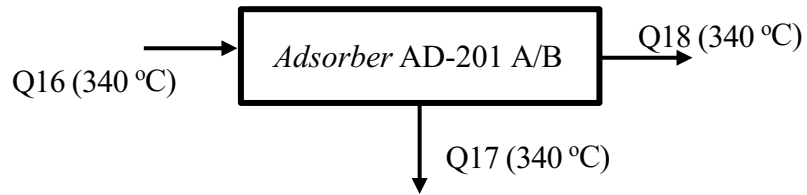
Tabel 6. 5 Neraca panas separator V-201

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q ₁₃	1198103.81	
2	Q ₁₄		1735.45
3	Q ₁₅		1196368.36
	Total	1198103.81	1198103.81

- **Desulphurizer Adsorber AD-201 A/B**

Pada alat *Adsorber AD-201*, *Natural Gas* dihilangkan

kandungan H_2S dengan menggunakan katalis MgO .

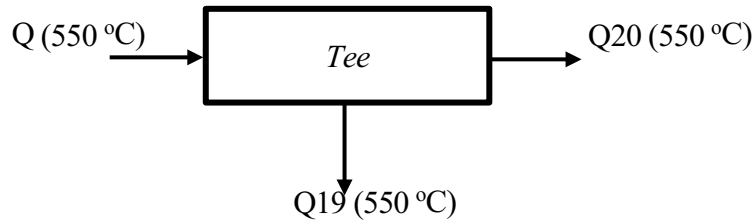


Tabel 6. 6 Neraca panas Desulphurizer Adsorber AD-201 A/B

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q ₁₆	1511367,64	
2	Q ₁₇		12,42
3	Q ₁₈		1511355,22
	Total	1511367,64	1511367,64

- ***Bireforming***

Bireforming merupakan campuran dari *Steam* dan *Dry Reforming*, aliran *sweet gas* dibagi menjadi dua dengan rasio 2:1.

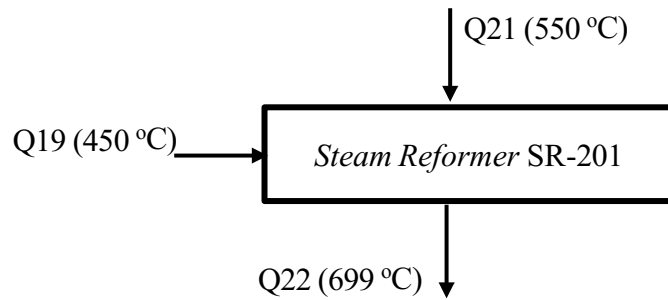


Tabel 6. 7 Neraca panas inlet bireforming

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q	1196358.55	
2	Q19		124758449.48
3	Q20		62379224.74
	Total	1196368.36	1196368.36

- ***Steam Reformer SR-201***

Pada *Steam Reforming*, *sweet gas* direaksikan dengan *Steam* yang menghasilkan *Syngas*. Berikut merupakan reaksi yang terjadi: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ (+206140 kJ/kmol)



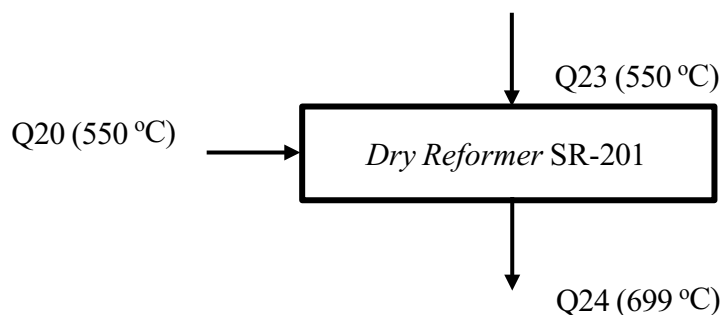
Tabel 6. 8 Neraca panas *steam reformer* SR-201

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q ₁₉	124758449.5	
2	Q ₂₁	67600496.89	
3	Q ₂₂		335927073.2
4	Q _{reaction}		-143568126.86
	Total	192358946.4	192358946.4

- **Dry Reformer DR-201**

Pada *Dry Reforming*, *sweet gas* direaksikan dengan CO₂ yang menghasilkan *Syngas*.

Berikut merupakan reaksi yang terjadi: $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$
(+247310 kJ/kmol)

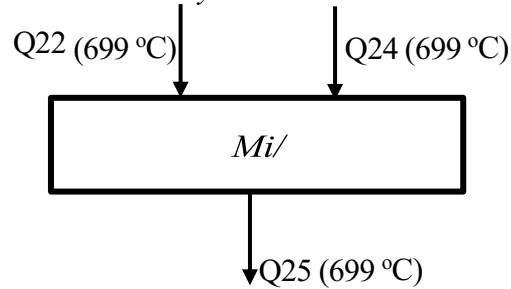


Tabel 6. 9 Neraca panas *dry reformer* DR-201

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q ₂₀	62379224.74	
2	Q ₂₃	48467644.79	
3	Q ₂₄		171393960.4
4	Q _{reaction}		-60547090.85
	Total	110846869.5	110846869.5

- *Syngas*

Proses konversi *sweet gas* menjadi *syngas* di reaktor *Steam Reforming* dan reaktor *Dry Reforming*, aliran *syngas* digabungkan kembali sebelum dialirkan ke unit *Synthetic Methanol*.



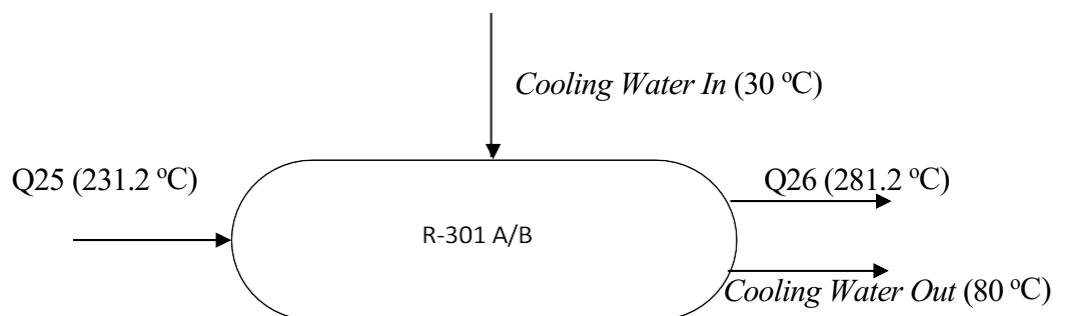
Tabel 6. 10 Neraca panas syngas

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q ₂₂	335927073,2	
2	Q ₂₄	171393960,4	
3	Q ₂₅		507321033,6
	Total	507321033,6	507321033,6

6.1.3 Neraca Panas *Methanol Synthesis* dan *Product Upgrading Unit*

Syngas dari unit *bireforming* masuk ke *surge drum* (V-301) sebelum masuk ke reaktor, dengan komposisi *syngas* pada Tabel 5.13 sebagai berikut:

- Reaktor Sintesis Metanol (R-301 A/B)

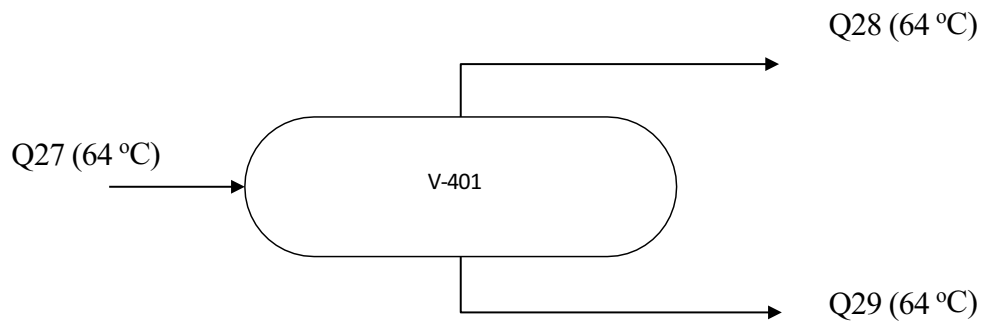


Berikut merupakan Tabel 6.11 hasil perhitungan neraca panas pada reaktor sintesis metanol.

Tabel 6. 11 Neraca panas Reaktor R-301 A/B

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q ₂₅	155406336.4	
2	Q ₂₆		163967693.1
3	Q _{reaction}		-452125280.54
4	Q _{cooling}		443563923.78
	Total	155406336.4	155406336.4

- **Separator**

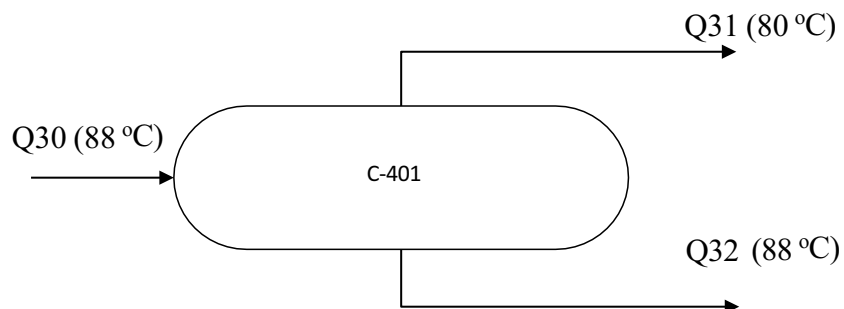


Berikut merupakan Tabel 6.12 hasil perhitungan neraca massa pada separator 1.

Tabel 6. 12 Neraca Panas *Separator*

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q ₂₇	13560948.85	
2	Q ₂₈		10758785.22
3	Q ₂₉		2802163.632
	Total	13560948.85	13560948.85

- **Distillation Column**

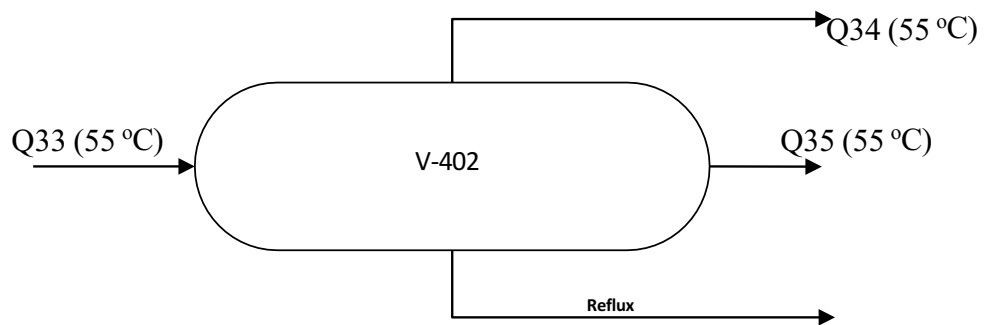


Berikut merupakan Tabel 6.13 hasil perhitungan neraca massa pada kolom distilasi.

Tabel 6. 13 Neraca Panas Kolom Distilasi C-401

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q_{30}	19693180.26	
2	Q_{31}		19640727
3	Q_{32}		52453
	Total	19693180.26	19693180.26

- *Accumulator*



Berikut merupakan Tabel 6.14 hasil perhitungan neraca massa pada *accumulator*.

Tabel 6. 14 Neraca Panas *Accumulator* V-402

No.	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
1	Q_{33}	8932895.784	
2	Q_{34}		207815
3	Q_{35}		8725081
	Total	8932895.784	8932895.784