

NERACA ENERGI

SISTEM TANPA REAKSI KIMIA

Bagian 1 (Felder-Rousseau chap.7)



SISTEM TERTUTUP (CLOSED SYSTEM)

- DISEBUT NON FLOW SYSTEM

Sistem yang tidak mengalami input dan output **massa**, tetapi mungkin mengalami input dan output **energi**.

Sistem ini dikatakan terisolir bila tidak ada input / output energi dalam bentuk apapun.



SISTEM TERBUKA (OPEN SYSTEM)

- DISEBUT FLOW SYSTEM

Sistem yang mengalami input dan output **massa**, **meskipun** mungkin tidak terjadi perubahan jumlah ataupun komposisi massa dalam sistem.



SISTEM ADIABATIS

- Sistem yang tidak mengalami input / output energi **PANAS**



BENTUK-BENTUK ENERGI



ENERGI KINETIK

- Energi yang dimiliki benda terkait dengan gerak relatifnya.

$$E_k = \frac{1}{2} m.v^2$$

ENERGI POTENSIAL

- Energi potensial sehubungan dengan posisi benda,

$$E_p = mgh$$

- Energi potensial sehubungan dengan perubahan bentuk/volum,

$$E_p = PV$$

BENTUK-BENTUK ENERGI



ENERGI DALAM (INTERNAL)

energi yang dimiliki molekul selama bertranslasi, rotasi, vibrasi, tarik-menarik, tolak – menolak

ENTALPI

besaran yang dituliskan secara matematis sebagai $(U + PV)$, dan merupakan bentuk energi dalam flow system

BENTUK-BENTUK ENERGI



PANAS

bentuk energi yang mengalir, dari objek bersuhu tinggi ke objek bersuhu rendah

KERJA (WORK)

- Kerja oleh sistem
- Kerja karena aliran fluida
- Kerja yang hilang karena gesekan / friksi

ENERGI PANAS



- Panas laten

Berkaitan dengan perubahan kandungan energi benda yang mengakibatkan perubahan fasa seperti penguapan, pengembunan, peleburan dan juga pembentukan kristal

Perubahan fasa untuk benda murni berlangsung pada suhu dan tekanan yang tetap

ENERGI PANAS



- Panas sensibel

jika sebuah benda dipanasi atau didinginkan maka perubahan kandungan energi terlihat sebagai perubahan temperatur

- Hubungan antara perubahan kandungan energi benda dengan suhu :

Pemanasan/pendinginan dilakukan pada volum tetap,

$$dU = C_v.dT$$

Pemanasan/pendinginan dilakukan pada tekanan tetap,

$$dH = C_p.dT$$

KAPASITAS PANAS



- $C_p = [dH/dT]_p$, banyaknya panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu benda pada tekanan tetap
- $C_v = [dU/dT]_v$, banyaknya panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu benda pada volum tetap

Khusus senyawa yang mendekati gas ideal berlaku :

$$C_p = C_v + R$$

$$C_p = 7/2 R \text{ untuk gas beratom dua seperti } N_2, O_2$$

Kebanyakan industri beroperasi pada tekanan tetap, sehingga data C_p lebih banyak digunakan

Ketergantungan kapasitas panas terhadap tekanan relatif kecil dibanding ketergantungannya terhadap suhu, karenanya kapasitas panas biasa dianggap tidak tergantung tekanan

- Beberapa data kapasitas panas pada berbagai suhu disajikan dalam tabel.
- Untuk kepraktisan, data eksperimen kapasitas panas pada berbagai suhu disajikan dalam persamaan empiris

Untuk rentang suhu kecil, kapasitas panas disajikan sebagai kapasitas panas rata-rata

- Kapasitas panas campuran

$$\frac{\int C_p(T) dT}{T_2 - T_1}$$



$$C_p \text{ campuran} = \sum (y_i C_{p_i})$$

dengan y_i adalah fraksi massa / fraksi mol komponen dalam campuran

Latihan 1



- Hitunglah kapasitas panas udara (79% mol N₂ dan 21% mol O₂)

Cp fungsi T



Kapasitas panas pada berbagai temperatur (data eksperimen)

Cp [=] cal/(mol.K)

temp. K	300	400	800	900	1200
N ₂	6,961	6,991	7,512	7,671	8,063
O ₂	7,019	7,194	8,064	8,212	8,530
udara	6,973	7,034	7,627	7,785	8,161
H ₂ O, gas	8,026	8,185	9,254	9,559	10,41
CH ₄	8,552	9,736	15,10	16,21	18,88

Cp fungsi T untuk beberapa gas



Constants for the equation $C_p^0/R = A + BT + CT^2 + DT^{-2}$ T (kelvins) from 298 K to T_{max}

Chemical species		T_{max}	A	$10^3 B$	$10^6 C$	$10^{-5} D$
Paraffins:						
Methane	CH ₄	1,500	1.702	9.081	-2.164	
Ethane	C ₂ H ₆	1,500	1.131	19.225	-5.561	
Propane	C ₃ H ₈	1,500	1.213	28.785	-8.824	
n-Butane	C ₄ H ₁₀	1,500	1.935	36.915	-11.402	
iso-Butane	C ₄ H ₁₀	1,500	1.677	37.853	-11.945	
n-Pentane	C ₅ H ₁₂	1,500	2.464	45.351	-14.111	
n-Hexane	C ₆ H ₁₄	1,500	3.025	53.722	-16.791	
n-Heptane	C ₇ H ₁₆	1,500	3.570	62.127	-19.486	
n-Octane	C ₈ H ₁₈	1,500	8.163	70.567	-22.208	



Kapasitas panas sebagai fungsi temperatur (persamaan empirik)

$$C_p = a + b.T + c.T^2$$

C_p [=] cal/(mol.K) dan T [=] K

	a	b	c
N_2	6,457	$1,389 \times 10^{-3}$	$-0,069 \times 10^{-6}$
O_2	6,117	$3,167 \times 10^{-3}$	$-1,005 \times 10^{-6}$
H_2O , gas	7,136	$2,640 \times 10^{-3}$	$0,0459 \times 10^{-6}$
CH_4	3,204	$18,41 \times 10^{-3}$	$-4,48 \times 10^{-6}$

Cp mean (Cp rata-rata)

$$C_{p_{\text{mh}}} \equiv \frac{\int_{T_1}^{T_2} C_p dT}{T_2 - T_1}$$

No	$C_{p_{\text{rata2}}} = \int C_p(T).dt / (T_2 - T_1)$ Cp [=] cal/(mol.K)					
	T, °C	25	100	200	600	700
1	N ₂	6,96	6,97	6,99	7,23	7,30
2	O ₂	7,02	7,08	7,18	7,62	7,71
3	udara	6,97	6,99	7,02	7,30	7,37
4	H ₂ O, gas	8,02	8,08	8,18	8,68	8,82
5	CH ₄	8,55	8,98	9,62	12,20	12,90
6	CO	6,96	6,98	7,02	7,29	7,37
7	CO ₂	8,88	9,25	9,70	11,05	11,30



Contoh



The molar heat capacity of methane in the zero-pressure state is given by the equation

$$C'_p = 3.381 + 18.044 \times 10^{-3}T - 4.300 \times 10^{-6}T^2$$

where C'_p is in (Btu)/(lb mol)(°F) or (cal)/(g mol)(°C), and T is in (K). Develop equations for C'_p in terms of the temperature in

- (a) (R)
- (b) (°F)
- (c) (°C)

The units of C'_p are to remain unchanged.



Solution

(a) T in the given equation stands for temperatures on the Kelvin scale; howe

$$T(\text{K}) = \frac{T(\text{R})}{1.8}$$

Thus

$$C'_P = 3.381 + 18.044 \times 10^{-3} \left(\frac{T}{1.8} \right) - 4.300 \times 10^{-6} \left(\frac{T}{1.8} \right)^2$$

or

$$C'_P = 3.381 + 10.03 \times 10^{-3} T - 1.327 \times 10^{-6} T^2$$

where T is in (R).



$$(b) \quad T(\text{K}) = \frac{t(^{\circ}\text{F}) + 460}{1.8}$$

Thus

$$C'_P = 3.381 + 18.044 \times 10^{-3} \left(\frac{t + 460}{1.8} \right) - 4.300 \times 10^{-6} \left(\frac{t + 460}{1.8} \right)^2$$

or

$$C'_P = 7.79 + 8.81 \times 10^{-3}t - 1.327 \times 10^{-6}t^2$$

where t is in ($^{\circ}\text{F}$).



$$(c) \quad T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$$

Therefore,

$$C'_p = 3.381 + 18.044 \times 10^{-3}(t + 273) - 4.300 \times 10^{-6}(t + 273)^2$$

or

$$C'_p = 7.99 + 15.70 \times 10^{-3}t - 4.300 \times 10^{-6}t^2$$

where t is in ($^{\circ}\text{C}$).

Latihan 2



Calculate the mean molar heat capacity of methane gas at low pressure (C'_p) between 600 and 1200(°F) using

- The data from Fig. 4-1.
- The equation $C'_p = 5.34 + 0.0115T$, where T is in (K)

Constants for the equation $C_p^ig/R = A + BT + CT^2 + DT^{-2}$ T (kelvins) from 298 K to T_{max}

Chemical species	T_{max}	A	$10^3 B$	$10^6 C$	$10^{-5} D$
Paraffins:					
Methane	CH ₄	1,500	1.702	9.081	-2.164
Ethane	C ₂ H ₆	1,500	1.131	19.225	-5.561
Propane	C ₃ H ₈	1,500	1.213	28.785	-8.824
n-Butane	C ₄ H ₁₀	1,500	1.935	36.915	-11.402
iso-Butane	C ₄ H ₁₀	1,500	1.677	37.853	-11.945
n-Pentane	C ₅ H ₁₂	1,500	2.464	45.351	-14.111
n-Hexane	C ₆ H ₁₄	1,500	3.025	53.722	-16.791
n-Heptane	C ₇ H ₁₆	1,500	3.570	62.127	-19.486
n-Octane	C ₈ H ₁₈	1,500	8.163	70.567	-22.208