



PERTEMUAN KEDUA ATK II

Dody Guntama, S.T., M.Eng

ENERGI

Secara umum energy dapat dinyatakan sebagai kemampuan obyek dalam melakukan kerja.

Neraca energy didasarkan pada hukum kekekalan energy yaitu energy tidak dapat dilenyapkan atau diciptakan, hanya berubah dari satu bentuk energy ke bentuk lainnya atau di transfer dari satu obyek ke obyek lainnya

Untuk suatu system :

$$\text{Kecepatan energy masuk-kec. Energi keluar} = \text{kec. Akumulasi}$$

pada keadaan steady state maka kecepatan akumulasi=0

SISTEM & SIFAT-SIFAT DASAR NERACA ENERGI

SISTEM
TERTUTUP



Jika system tersebut tidak mengalami pemasukan atau pengeluaran massa. Sebuah sistem tertutup mungkin mengalami pemasukan atau pengeluaran energi yang dapat berupa panas, kerja, listrik atau magnet.



SISTEM & SIFAT-SIFAT DASAR NERACA ENERGI

SISTEM TERISOLIR



Merupakan sistem tertutup, Jika sistem tersebut tidak mengalami pemasukan atau pengeluaran massa dan energi dalam bentuk apapun.



SISTEM ADIABATIK



Merupakan sistem terbuka maupun tertutup, Jika sistem tersebut tidak mengalami pemasukan atau pengeluaran energi dalam bentuk panas.

Bentuk-bentuk energi :

- 1. Energi potensial (EP) : akibat posisi objek relatif terhadap bidang datum (bidang referensi).
- 2. Energi Kinetik (EK) : akibat gerakan objek.
- 3. Internal Energi (U) : akibat gerakan molekuler di dalam bahan.
- 4. Work / Kerja (W) :
 - a. Shaft work : kerja turbin. Contoh : turbin air, pompa, kompresor.
 - b. Kerja yang hilang karena gesekan / friksi. Contoh : friksi di permukaan pipa.
- 5. Heat/ panas (Q).
- 6. Energi listrik.

ENERGI TERSIMPAN DALAM BENDA

ENERGI
KINETIK (E_k)



Energi yang dimiliki benda (bagian sistem atau keseluruhan sistem) untuk berhubungan dengan gerak relatifnya terhadap benda atau bagian lain yang ikut menyusun sistem bersangkutan.

Nilai energi kinetik persatuan massa.

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

v = kecepatan linier gerak benda, m/s

ENERGI TERSIMPAN DALAM BENDA

ENERGI POTENSIAL (E_p)



Dua tipe energi potensial yang penting untuk diperhitungkan di dalam sistem pemroses kimia-fisik adalah:

1. Energi potensial sehubungan dengan posisi benda di dalam medan gravitasi.

$$E_p = g \cdot z$$

g = percepatan gravitasi, $9,8 \text{ m/s}^2$

z = ketinggian benda terhadap permukaan bumi.

2. Energi potensial sehubungan dengan perubahan bentuk atau volum

$$E_p = P \cdot V$$

P = tekanan yang diderita benda karena desakan benda disekitarnya,
 N/m^2

V = volum spesifik benda, m^3/kg

ENERGI TERSIMPAN DALAM BENDA

ENERGI
DALAM (U)



Energi yang dimiliki benda untuk mempertahankan struktur molekul-molekul penyusunnya, serta mempertahankan gerakan-gerakan translasi, vibrasi, dan rotasi molekul-molekul tersebut.

$$U = f(T)$$

ENTALPI



Sebuah besaran yang diturunkan secara matematik, yaitu kemudahan untuk menuliskan $H=(U + PV)$ yang sering muncul bersamaan.

MACAM-MACAM PERUBAHAN ENTALPI (PANAS)

1. **Sensible (Panas yang bisa dirasakan perubahan suhunya)**

Panas Sensibel adalah perubahan harga entalpi yang cukup besar tanpa diikuti perubahan fase, hanya terjadi perubahan suhu

Kapasitas panas (c_p) = banyaknya panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu setiap satuan massa setiap satuan suhu.

Untuk padatan dan gas, C_p merupakan fungsi suhu.

Beberapa sumber data-data C_p :

a. $C_p = f(T)$

b. C_p dalam bentuk grafik

c. C_p untuk foods and biological material

2. **Laten (panas perubahan fase dengan suhu tetap)**

- a) Panas peleburan (dari fase padat menjadi cair)
- b) Panas sublimasi (dari fase padat menjadi gas)
- c) Panas kondensasi (dari fase gas menjadi cair)
- d) Panas penguapan (dari fase cair menjadi gas)

Panas Laten adalah suatu energy yang diperlukan untuk mengubah wujud suatu zat

3. reaksi (panas yang dihasilkan atau dibutuhkan pada proses yang melibatkan reaksi kimia).

Macam-macam entalpi reaksi :

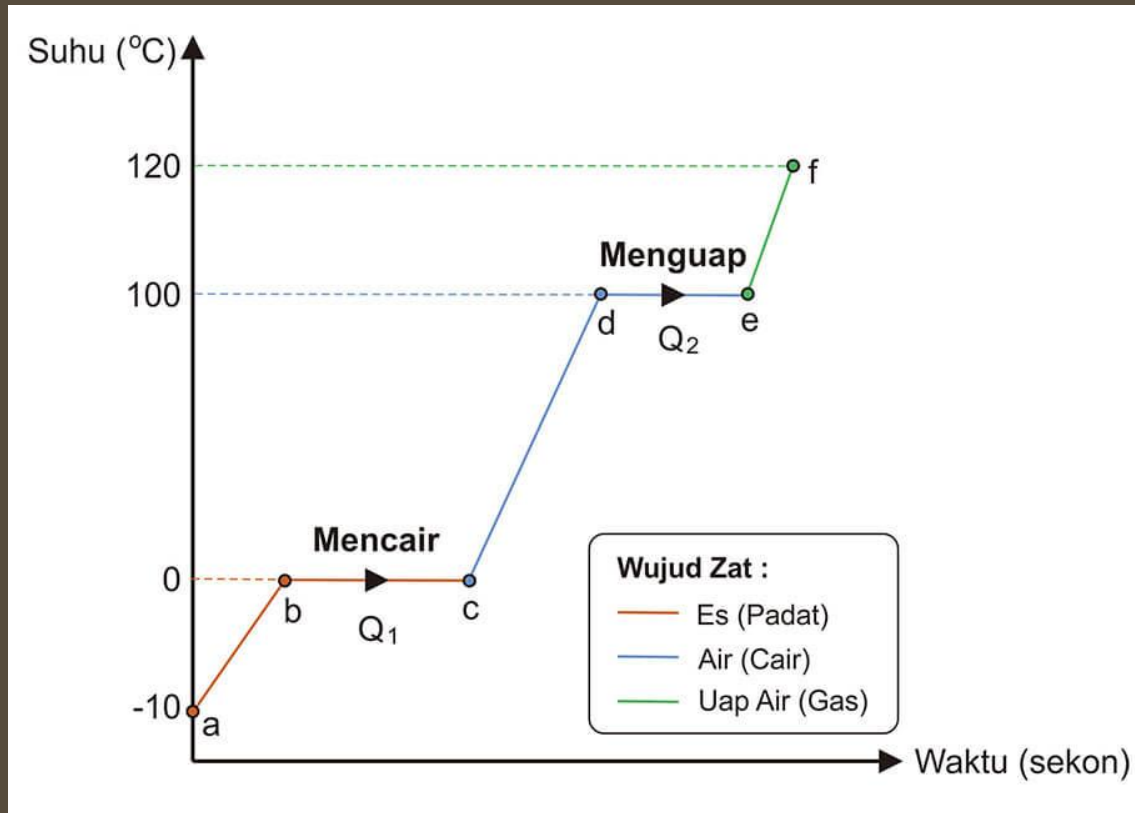
- a. Heat of reaction.
- b. Heat of formation.
- c. Heat of combustion

TERMOKIMIA

Semua reaksi melibatkan penyerapan atau pelepasan panas dengan nilai yang berbeda-beda

- Reaksi eksotermik → reaksi yang melepaskan panas.
- Reaksi endotermik → reaksi yang menyerap panas
- Reaksi atermik → reaksi yang melepaskan atau menyerap panas sedikit dan nilainya dapat diabaikan.

MACAM-MACAM KALOR



Kalor Laten: Rute b-c dan d-e

Kalor Sensibel : Rute a-b dan e-f

FORMULA KALOR LATEN



U = kalor jenis penguapan/pengembunan

L = kalor jenis peleburan

Note: notasi dapat berbeda untuk setiap referensi.

data kalor jenis diperoleh di berbagai literatur

Satuan Q = joule , kJ atau satuan energi yang lainnya

FORMULA KALOR SENSIBEL

$$Q = mc\Delta T$$

Keterangan:

Q	= Kalor (J)
m	= Massa (Kg)
c	= Kalor jenis (J/Kg°C)
ΔT	= Perubahan suhu (°C)

CONTOH SOAL

Berapa Kalor yang dibutuhkan memanaskan air 10 liter dari temperatur 30 °C menjadi 100 °C ?

Kalor Jenis Air = 4200 J/kg C

Kalor Jenis Air = 4200 J/kg C

$$\begin{aligned} Q &= 10 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \times (100 - 30) ^\circ\text{C} \\ &= 2,940,000 \text{ Joule} \end{aligned}$$

CONTOH SOAL

200 kg air bersuhu 40 °C dicampur dengan 100 kg air yang bersuhu 70 °C.
Berapa suhu air hasil pencampuran tersebut?

$$m_1 = 200 \text{ kg}$$

$$m_2 = 100 \text{ kg}$$

$$T_1 = 40^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 70^\circ\text{C}$$

$$T_c?$$

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$m_1 \times C_p \times (T_c - T_1) = m_2 \times C_p (T_2 - T_c)$$

$$200 \text{ kg} (T_c - 40) = 100 (70 - T_c)$$

$$200 T_c - 8000 = 7000 - 100 T_c$$

$$300 T_c = 15000$$

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



BAGAIMANA MENGHITUNG PANAS/HEAT SENSIBEL?

- Jika sebuah sistem mengalami perubahan temperatur dari T_1 menjadi T_2 maka perubahan entalpi sensibel dapat dihitung menggunakan kapasitas panas rata-rata pada selang temperatur yang sesuai.

$$\Delta H_s = m C_{p_{rata-rata}}(T_2 - T_1)$$

Dengan m = jumlah mol (massa) benda.

Integrasi $C_p dT$ dengan batas T_1 dan T_2

$$\Delta H_s = m \int C_p dT$$

MENGHITUNG PANAS SENSIBLE (DENGAN CARA INTEGRAL)

$$Q = \Delta H = n \int_{T_1}^{T_2} C_p \cdot dT$$

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (\text{kJ/mol/}^\circ\text{C})$$

integrasi

a, b, c, d diperoleh dari Tabel

$T = ^\circ\text{C}$

C_p = Heat capacities (Kapasitas Panas)

$$\Delta H' = \int_{T_1}^{T_2} (a + bT + cT^2 + dT^3) dT$$

$$= a(T_2 - T_1) + \frac{b}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{c}{3}(T_2^3 - T_1^3) + \frac{d}{4}(T_2^4 - T_1^4)$$

$$Cp\ rate2 = \frac{\Delta H'}{T_2 - T_1}$$



Table B.2 Heat Capacities*

Form 1: $C_p[\text{kJ}/(\text{mol}\cdot^\circ\text{C})]$ or $[\text{kJ}/(\text{mol}\cdot\text{K})] = a + bT + cT^2 + dT^3$

Form 2: $C_p[\text{kJ}/(\text{mol}\cdot^\circ\text{C})]$ or $[\text{kJ}/(\text{mol}\cdot\text{K})] = a + bT + cT^{-2}$

Example: $(C_p)_{\text{acetone(g)}} = 0.07196 + (20.10 \times 10^{-5})T - (12.78 \times 10^{-8})T^2 + (34.76 \times 10^{-12})T^3$, where T is in $^\circ\text{C}$.

Note: The formulas for gases are strictly applicable at pressures low enough for the ideal gas equation of state to apply.

Compound	Formula	Mol. Wt.	State	Form	Temp. Unit	$a \times 10^3$	$b \times 10^5$	$c \times 10^8$	$d \times 10^{12}$	Range (Units of T)
Acetone	CH_3COCH_3	58.08	l	1	$^\circ\text{C}$	123.0	18.6			-30-60
			g	1	$^\circ\text{C}$	71.96	20.10	-12.78	34.76	0-1200
Acetylene	C_2H_2	26.04	g	1	$^\circ\text{C}$	42.43	6.053	-5.033	18.20	0-1200
Air		29.0	g	1	$^\circ\text{C}$	28.94	0.4147	0.3191	-1.965	0-1500
			g	1	K	28.09	0.1965	0.4799	-1.965	273-1800
Ammonia	NH_3	17.03	g	1	$^\circ\text{C}$	35.15	2.954	0.4421	-6.686	0-1200
Ammonium sulfate	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	132.15	c	1	K	215.9				275-328
Benzene	C_6H_6	78.11	l	1	$^\circ\text{C}$	126.5	23.4			6-67
			g	1	$^\circ\text{C}$	74.06	32.95	-25.20	77.57	0-1200
Isobutane	C_4H_{10}	58.12	g	1	$^\circ\text{C}$	89.46	30.13	-18.91	49.87	0-1200
n-Butane	C_4H_{10}	58.12	g	1	$^\circ\text{C}$	92.30	27.88	-15.47	34.98	0-1200
Isobutene	C_4H_8	56.10	g	1	$^\circ\text{C}$	82.88	25.64	-17.27	50.50	0-1200
Calcium carbide	CaC_2	64.10	c	2	K	68.62	1.19	-8.66×10^{10}	—	298-720
Calcium carbonate	CaCO_3	100.09	c	2	K	82.34	4.975	-12.87×10^{10}	—	273-1033
Calcium hydroxide	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	74.10	c	1	K	89.5				276-373
Calcium oxide	CaO	56.08	c	2	K	41.84	2.03	-4.52×10^{10}		273-1173
Carbon	C	12.01	c	2	K	11.18	1.095	-4.891×10^{10}		273-1373
Carbon dioxide	CO_2	44.01	g	1	$^\circ\text{C}$	36.11	4.233	-2.887	7.464	0-1500
Carbon monoxide	CO	28.01	g	1	$^\circ\text{C}$	28.95	0.4110	0.3548	-2.220	0-1500
Carbon tetrachloride	CCl_4	153.84	l	1	K	93.39	12.98			273-343
Chlorine	Cl_2	70.91	g	1	$^\circ\text{C}$	33.60	1.367	-1.607	6.473	0-1200
Copper	Cu	63.54	c	1	K	22.76	0.6117			273-1357

*Adapted in part from D. M. Himmelblau, *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*, 3rd Edition, © 1974, Table E.1. Adapted by permission of Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.

(continued)

CONTOH SENYAWA TUNGGAL:

Tentukan Panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 mol gas etana dari 260 C menjadi 600 C.

Prosedur Penyelesaian :

1. Lihat data a , b , c , d pada Tabel B.2 untuk etana
2. Integralkan
3. Masukkan data a, b, c dan d ke dalam persamaan polinomial sehingga didapat nilai Q

$$T_1 = 260 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 600 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Dari Tabel B.2 Felder

$$a = 49,37 \times 10^{-3}$$

$$b = 13,92 \times 10^{-5}.$$

$$c = -5,816 \times 10^{-8}.$$

$$d = 7,28 \times 10^{-12}$$

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$$

$$Q = \int_{260}^{600} C_p \cdot dT$$

$$Q = \int_{260}^{600} (a + bT + cT^2 + dT^3) \cdot dT$$

$$Q = aT \Big|_{T_1}^{T_2} + \frac{b}{2} x T^2 \Big|_{T_1}^{T_2} + \frac{c}{3} x T^3 \Big|_{T_1}^{T_2} + \frac{d}{4} x T^4 \Big|_{T_1}^{T_2}$$

$$Q = a(600 - 260) + \frac{b}{2} (600^2 - 260^2) + \frac{c}{3} (600^3 - 260^3) + \frac{d}{4} (600^4 - 260^4)$$

$$Q = (49,37 \times 10^{-3})(600 - 260) + \frac{13,92 \times 10^{-5}}{2} (600^2 - 260^2) - \frac{5,816 \times 10^{-8}}{3} (600^3 - 260^3) + \frac{7,28 \times 10^{-12}}{4} (600^4 - 260^4)$$

$$Q = 16,786 + 20,351 - 3,846 + 0,228 = 33,519 \text{ kJ/mol}$$

CONTOH

- Tentukan entalpi 1 kg udara yang dipanaskan dari temperatur 25°C menjadi 100°C

Diket: $T_1 = 25^\circ\text{C} = 298\text{K}$

$T_2 = 100^\circ\text{C} = 373\text{K}$

Cprata-rata udara = 6,996 cal/(mol.K)

- Penggunaan C_p udara sebagai fungsi temperatur

$$= 6,3856 + 1,76238 \times 10^{-3}T - 0,26477 \times 10^{-6}T^2$$

CONTOH SENYAWA TUNGGAL:

Tentukan Panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 mol metana dari 260 °C menjadi 600 °C.
jika diketahui data

$$a = 34,31 \times 10^{-3}$$

$$b = 5,469 \times 10^{-5}.$$

$$c = 0,3661 \times 10^{-8}.$$

$$d = -11 \times 10^{-12}$$

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$$