

**WEEK 8,9 & 10**  
**(Energi & Perubahan Energi)**

**TERMOKIMIA**

Binyamin  
Mechanical Engineering  
Muhammadiyah University Of Surakarta

---

Termokimia dapat didefinisikan sebagai bagian ilmu kimia yang mempelajari dinamika atau perubahan reaksi kimia dengan mengamati panas/termalnya saja.

## Energi

Energi = Kemampuan untuk melakukan usaha

Jenis Energi yang dimiliki oleh suatu benda

Energi Kinetik ( EK ) = Benda bergerak

Energi Potensial ( EP ) = Tersimpan akibat posisi

Energi Radiasi = Energi Matahari

Energi Kimia = Energi tersimpan oleh struktur zat kimia

Energi Thermal = Energi terkait gerak atom

Hukum kekekalan energi : *“Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan melainkan hanya dapat diubah dari bentuk satu ke bentuk yang lain”*.

# PERUBAHAN ENERGI DALAM REAKSI KIMIA

Pada hampir semua reaksi kimia selalu di sertai dengan perubahan energi atau dengan kata lain reaksi kimia akan menghasilkan energi, Energi yang umum dihasilkan adalah kalor. Terkait dengan energi, ada 2 jenis reaksi kimia, yaitu:

## ➤ *Perubahan Eksoterm*

Adalah **reaksi kimia yang menghasilkan panas**. Hasil reaksi di sertai dengan kenaikan suhu.

Contoh **reaksi pembakaran**

## ➤ *Perubahan Endoterm*

Adalah reaksi yang terjadi bila ada kalor yang diberikan. Bila terjadi suatu reaksi endoterm temperatur dari campuran reaksi akan turun.

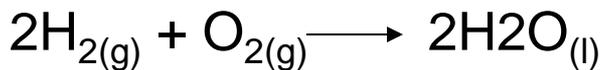
Contoh: **Reaksi penguraian H<sub>2</sub>O**

## PERUBAHAN ENERGI DALAM REAKSI KIMIA (2)

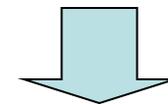
Thermokimia adalah cabang ilmu kimia yang membahas tentang perubahan kalor yang menyertai reaksi kimia.

Persamaan Reaksi yang menyebutkan secara lengkap energi yang dihasilkan maupun yang dilepas oleh suatu reaksi kimia disebut sebagai persamaan termokimia.

Contoh:



$$\Delta H_o = -571,5 \text{ kJ}$$



Perubahan energi

Catatan Tanda = - reaksi melepaskan energi (eksoterm)

= + reaksi menyerap energi (endoterm)

## PERUBAHAN ENERGI DALAM REAKSI KIMIA (3)

Satuan energi dalam ilmu Fisika adalah Joule,

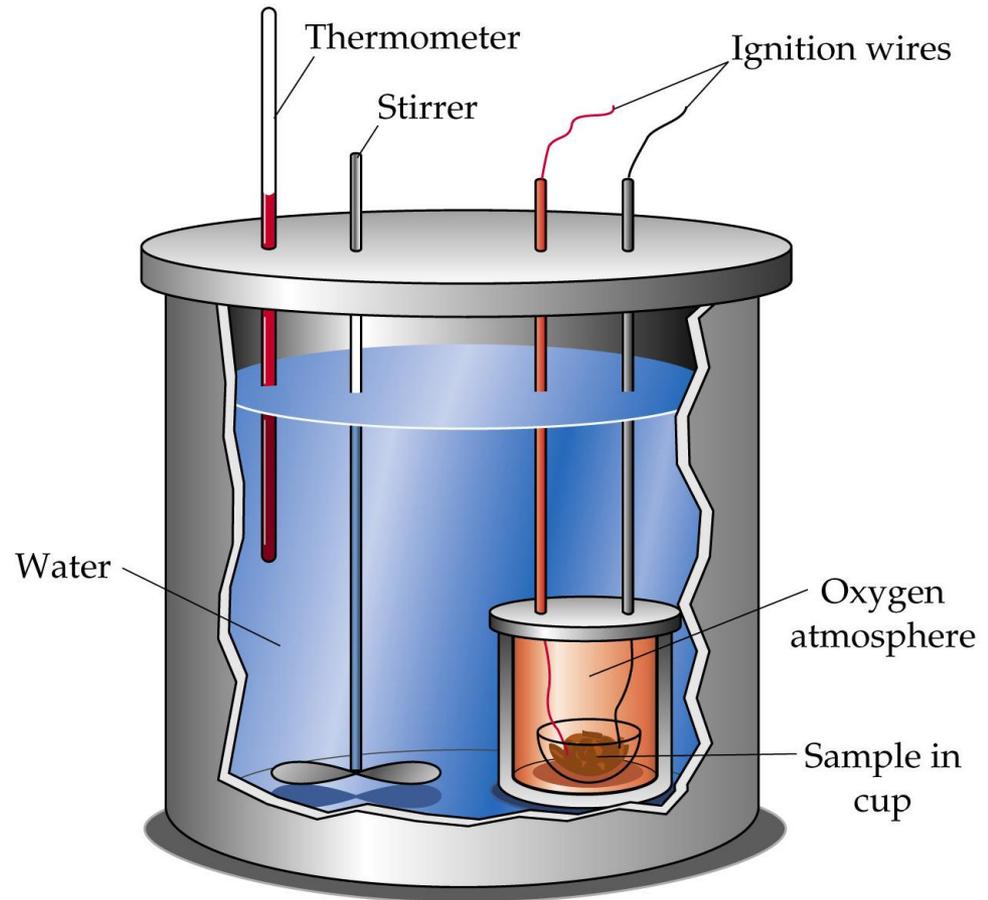
$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ Kg m}^2/\text{s}^2,$$

Energi panas memiliki satuan kalori (kal), 1 kal didefinisikan sebagai jumlah panas yang di perlukan unutm menaikkan temperature 1 gram air dengan suhu asal  $15^\circ$  sebesar  $1^\circ$

$$1 \text{ kal} = 4,184 \text{ J}$$

$$1 \text{ Kkal} = 418 \text{ J} = 4,184 \text{ KJ}$$

# Kalorimeter



- Adalah alat yang digunakan untuk mengukur pertukaran kalor dalam *proses fisika maupun kimia*.
- Kalorimeter bisa digunakan untuk mengukur *panas reaksi yang dihasilkan oleh suatu reaksi kimia*.
- Prinsip kerja dari kalorimeter didasarkan dari sifat fisik suatu zat terhadap kalor.

# Kalorimeter (2)

- Suatu zat memiliki sifat yang disebut sebagai kalor jenis (*Specific heat*) yaitu suatu sifat terkait dengan jumlah kalor yang di perlukan untuk menaikkan suhu 1gr zat sebesar  $1^{\circ}\text{C}$ . Kalor jenis diberi simbol  $c$  dan Satuannya  $\text{Joule}/\text{gr}^{\circ}\text{C}$
- Jika suatu benda massa tertentu dipanaskan maka kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperature 1 tingkat Celcius benda tersebut disebut sebagai kapasitas panas dimana;
- Kapasitas panas (C) = massa x Kalor spesifik dan satuan  $\text{J}^{\circ}\text{C}$

# ***Kalorimeter (3)***

## **Contoh Persoalan**

Berapa kapasitas panas ( $\text{KJ}/^{\circ}\text{C}$ ) dari 2,00 Kg batang tembaga bila diketahui panas spesifik dari tembaga  $0,387 \text{ J g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Jawab :

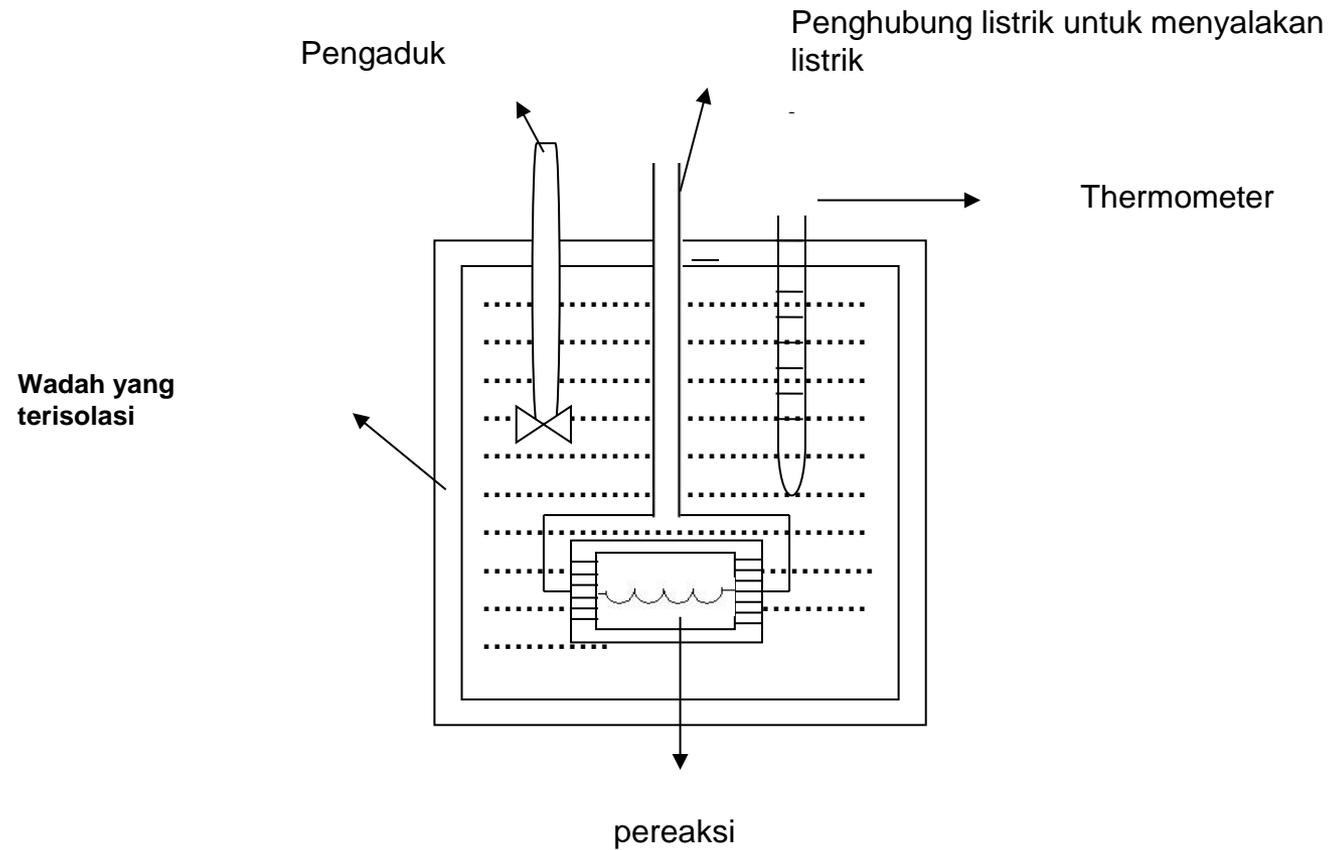
$$\begin{aligned}\text{Kapasitas panas} &= \text{k calor jenis} \times \text{massa} \\ &= (0,387 \text{ J g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}) \times 2000 \text{ g} \\ &= 774 \text{ J/ }^{\circ}\text{C} = 0,774 \text{ KJ/}^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

Berapa Joule energi yang di butuhkan untuk menaikkan suhu sebuah paku yang mempunyai massa 7,05 g dari  $25^{\circ}\text{C}$  ke  $100^{\circ}\text{C}$ , kalor jenis besi adalah  $0,452 \text{ J g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Energi} &= \text{k calor jenis} \times \text{massa} \times \Delta \text{ suhu} \\ &= 0,452 \text{ J g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \times 7,05 \text{ g} \times (100 - 25) \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &= 240 \text{ J}\end{aligned}$$

# Kalorimeter (4)



$$\text{Panas Hasil Reaksi} = \text{Kapasitas Panas} \times \text{Perubahan Suhu}$$

# ***Kalorimeter (5)***

## Cara Kerja

Alat terdiri atas bak, bomb tempat reaksi dan alat ukur suhu (thermometer). Suhu dari bak mula-mula diukur, zat yang akan bereaksi diletakkan di bomb. Kawat pemanas dioperasikan sehingga reaksi akan terjadi. Panas yang dikeluarkan oleh reaksi diabsorpsi oleh bomb dan bak sehingga temperatur alat akan naik. Dengan perubahan suhu yang ditunjukkan, serta kapasitas panas alat yang diketahui maka jumlah panas yang diberikan akan diketahui.

# Kalorimeter (6)

## Contoh

Pada suatu percobaan, 0,100g H<sub>2</sub> dan 0,800g O<sub>2</sub> dimampatkan dalam bomb 1,00 L yang kemudian ditempatkan dalam sebuah kalorimeter yang mempunyai kapasitas Panas 9,08 x 10<sup>4</sup>J/°C. Temperature mula-mula dari kalorimeter diukur yaitu 25,000C dan sesudah reaksi menjadi 25,1550C. Hitung jumlah panas yang dikeluarkan oleh reaksi antara H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> untuk membentuk H<sub>2</sub>O dalam :

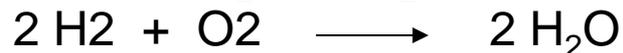
a) Kilo Joule dan b) Dalam Kilo Joule/mol H<sub>2</sub>O

## Penyelesaian :

a). Jumlah panas = Kapasitas panas x perubahan suhu

$$\begin{aligned}\text{Jumlah panas} &= (9,08 \times 10^4 \text{ J/}^\circ\text{C}) \times (0,150^\circ\text{C}) \\ &= 1,41 \times 10^4 \text{ J} = 14,1 \text{ KJ.}\end{aligned}$$

b). Reaksi antara H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> untuk menghasilkan H<sub>2</sub>O



jumlah antara H<sub>2</sub>O yang terbentuk :

$$0,100\text{g H}_2 \times \frac{1\text{molH}_2}{2,016\text{gH}_2} \times \frac{2\text{molH}_2\text{O}}{2\text{molH}_2} = 0,0496 \text{ mol}$$

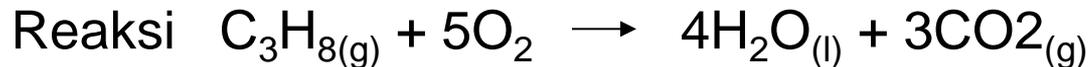
sehingga jumlah panas yang dikeluarkan oleh reaksi untuk tiap mol H<sub>2</sub>O adalah :

$$= 284 \text{ KJ/mol H}_2\text{O}$$

# Tugas

□ Suatu reaksi yang eksotermis dalam kalorimeter bomb melepaskan panas sebanyak 28,6 kJ. Bila temperature mula-mula dari dari kaorimeter 25,00 °C dan kapasitas panas kalorimeter  $1,78 \times 10^4 \text{ J/}^\circ\text{C}$ , prediksikan temperatur akhir dari kalorimeter.

□ Pada percobaan di kalorimeter, pembakaran 1,00 mol gas propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) menunjukkan data suhu yang semula 25,00 °C. Kalorimeter yang digunakan memiliki kapasitas panas sebesar 97,1 kJ/°C. Reaksi ini menaikkan suhu sehingga diakhir reaksi suhu menjadi 27,282 °C.



□ Jika propan yang tersedia sebanyak 200 gram (dengan calorimeter seperti pada soal no.2) prediksikan kenaikan suhu yang akan terjadi pada pembakaran propan tersebut

# TERMOKIMIA (Lanjutan)

# Menghitung Kalor Reaksi dengan Entalpi Pembentukan Standar dan Entalpi Reaksi Standar

- Pada kalorimeter seperti pada pembahasan sebelumnya reaksi kimia terjadi pada sistem yang didesain pada volume konstan, kebanyakan reaksi kimia terjadi pada tekanan konstan.
- Hukum termodinamika 1 untuk volume konstan menyebutkan bahwa perubahan energi dalam akan sebanding dengan kalor yang diberikan atau yang keluar dalam sistem, sedangkan pada tekanan konstan perubahan energi dalam akan sebanding dengan kalor yang diberikan dan kerja yang terjadi pada sistem

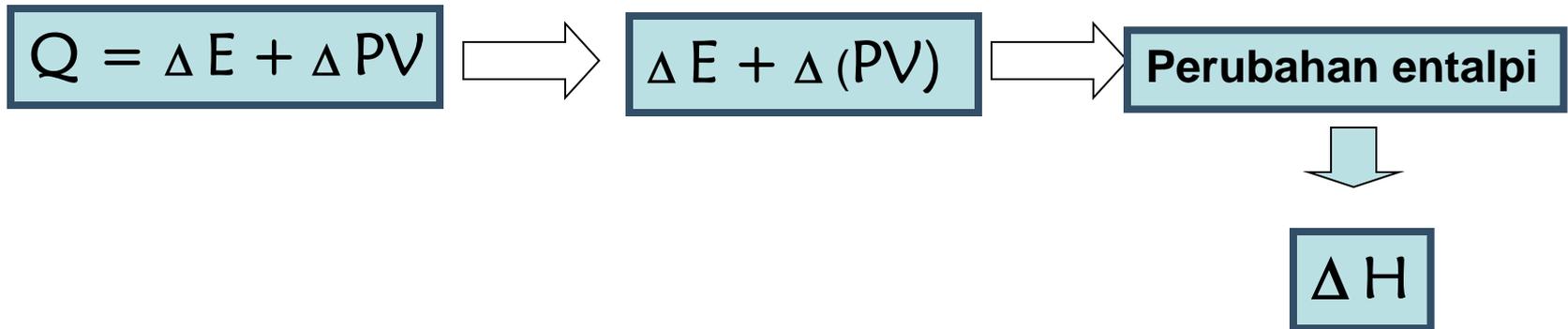
$$\Delta E = Q$$

*Volume konstan*

$$Q = \Delta E + W$$

*Tekanan konstan*

- Jika  $W = F \cdot d = PV$  maka



- Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Besarnya Perubahan Energi yang terjadi pada proses reaksi sama dengan Selisih entalpi dari zat sebelum dan setelah reaksi, atau dapat kita tuliskan

$$\Delta H = H(\text{produk}) - H(\text{reaktan})$$

## Menghitung Kalor Reaksi dengan Entalpi Pembentukan Standar dan Entalpi Reaksi Standar (2)

- Jika reaksi kimia berlangsung pada keadaan standar (1 atm dan suhu 25°C) perhitungan kalor hasil reaksi dapat menggunakan nilai perubahan kalor yang terjadi ketika 1 mol suatu senyawa dibentuk dari unsur-unsurnya pada tekanan 1 atm atau yang disebut sebagai entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ).
- Nilai entalpi pembentukan standar untuk beberapa zat sudah ditabelkan dengan kesepakatan bahwa untuk pembentukan unsur yang paling stabil adalah nol.
- Untuk mencari kalor hasil reaksi selengkapnya dapat menggunakan rumus

$$\Delta H^{\circ}_{reaksi} = \sum \Delta H^{\circ}_f \text{ produk} - \sum H^{\circ}_f \text{ reaktan}$$

# Contoh

Reaksi penguraian natrium bikarbonat ( soda kue )



Jika tersedia  $\text{NaHCO}_3$  sebanyak 2,5 mol Hitunglah  $\Delta H^\circ$  reaksi (dalam KJ) jika reaksi berlangsung dalam keadaan standar.

# Latihan

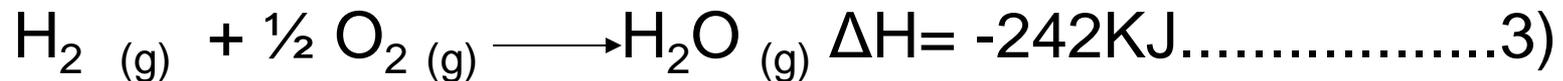
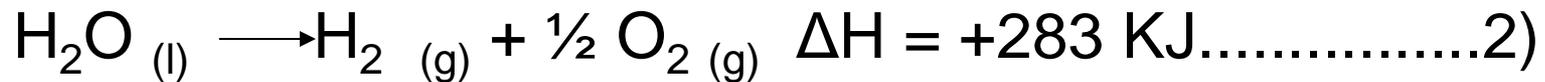
- Pembakaran 1 mol Benzen  $C_6H_{6(l)}$  yang menghasilkan  $CO_2(g)$  dan  $H_2O_{(l)}$  akan melepaskan kalor 3271 KJ pada temperature 25oC dan tekanan 1 atm. Berapa panas pembentukan standar  $C_6H_{6(l)}$  yang dinyatakan dalam KJ/mol.

## Perhitungan kalor reaksi dengan menggunakan hukum Hess

- Entalpi termasuk dalam fungsi keadaan karena jumlah atau harganya hanya tergantung dari system pada saat tersebut dan tak tergantung dari keadaan semula.

## Perhitungan kalor reaksi dengan menggunakan hukum Hess (2)

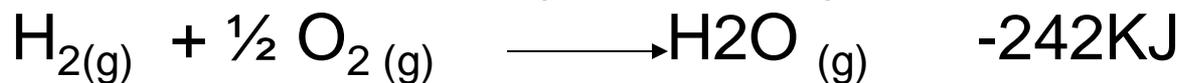
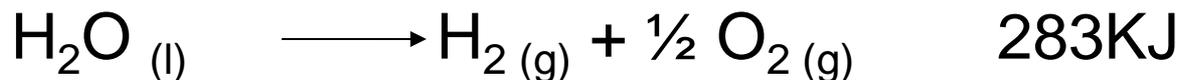
Misalkan : persamaan termokimia yang terkait dengan zat H<sub>2</sub>O.



## Perhitungan kalor reaksi dengan menggunakan hukum Hess (3)

Pada persamaan termokimia 1 dibutuhkan 41KJ untuk mengubah 1mol H<sub>2</sub>O berbentuk uap.

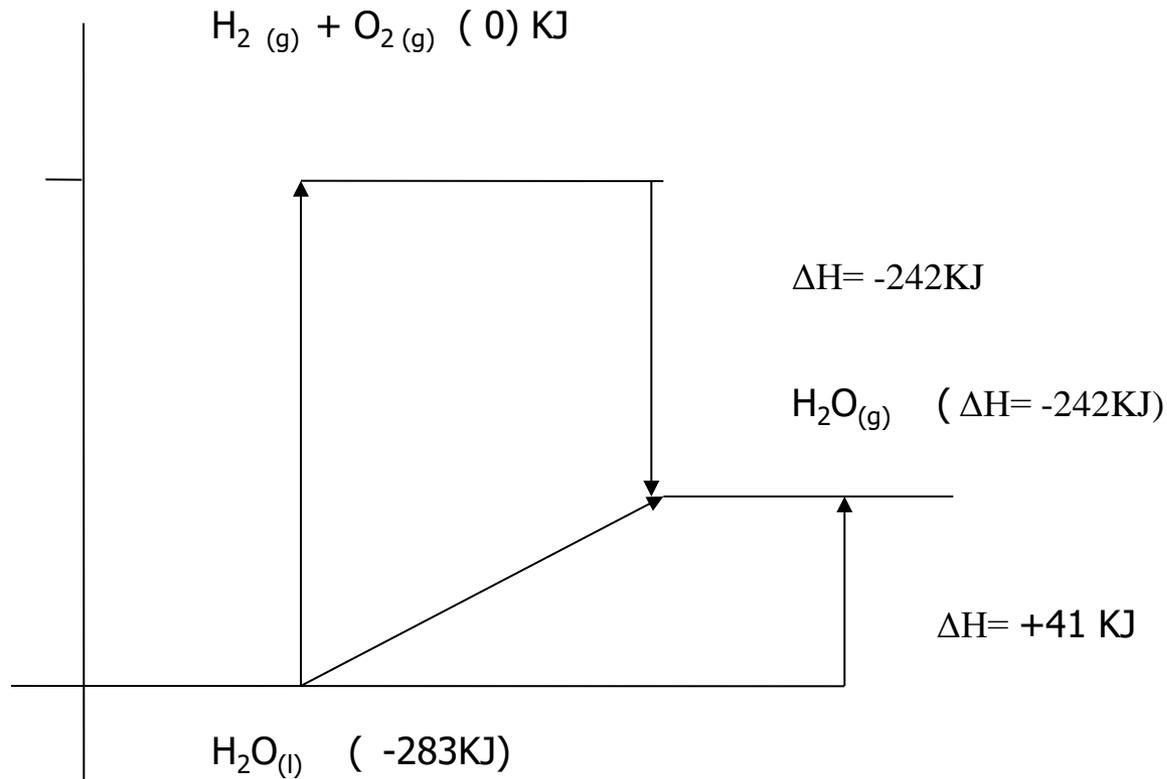
Pada persamaan termokimia 2 dan 3 menunjukkan perubahan dari cair ke uap secara tak langsung :



----- +



# Perhitungan kalor reaksi dengan menggunakan hukum Hess (4)



## Perhitungan kalor reaksi dengan menggunakan hukum Hess (5)

- Hukum Hess Mengenai Jumlah Panas dinyatakan oleh ahli kimia G.H.Hess “*Untuk suatu reaksi keseluruhan tertentu perubahan entalpi selalu sama, tak peduli apakah reaksi dilaksanakan secara langsung ataukah secara tak langsung dan lewat tahap yang berlainan*”
- Dengan bahasa yang disederhanakan bahwa kalor reaksi kimia tidak tergantung pada banyaknya tahapan-tahapan reaksi

# Perhitungan kalor reaksi dengan menggunakan hukum Hess (6)

Dari Hukum Hess diatas dapat disimpulkan bahwa beberapa persamaan termokimia dapat digunakan untuk mengetahui jumlah perubahan entalpi pada kondisi awal ke kondisi akhir yang melalui tahapan-tahapan reaksi kimia. Untuk mempergunakan persamaan termokimia agar reaksi yang dituju tercapai ada beberapa kaidah yang dapat digunakan, yaitu

## **a). Kaidah perubahan koefesian**

Bila koefisien dari persamaan termokimia dikalikan atau dibagi dengan suatu faktor maka harga  $\Delta H$  harus diperlakukan sama.

Misalkan :  $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \longrightarrow \text{H}_{2(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(g)} \quad \Delta H = + 283 \text{ KJ}$ ,  
Koefisiennya dikalikan 2.

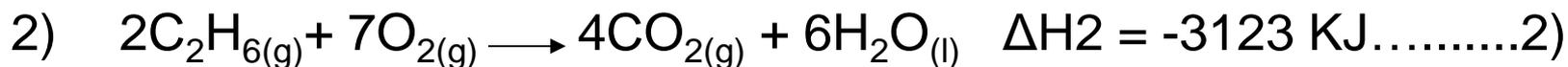
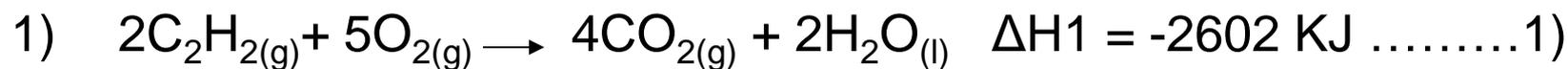
maka  $2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \longrightarrow 2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \Delta H = + 566 \text{ KJ}$

## **b). Arah Reaksi**

Persamaan reaksi yang diubah membuat tanda  $\Delta H$  juga berubah.

## CONTOH PERSOALAN

Persamaan termokimia untuk pembakaran asitelin suatu gas yang dipakai untuk membuat obor diberikan persamaan :



Ditanyakan  $\Delta\text{H}$  untuk reaksi

