

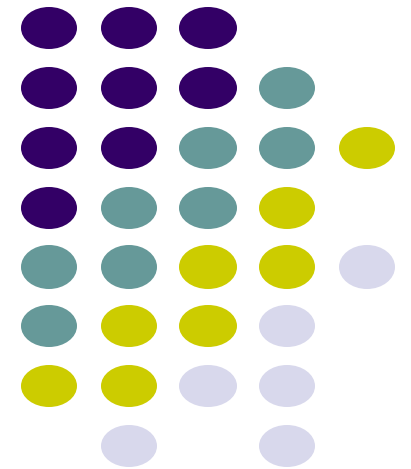
# Energi dan Perubahannya

---

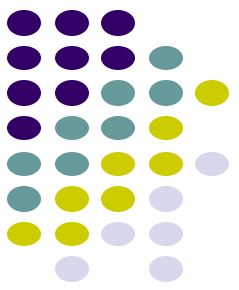
3 sks

Kimia Terapan / VW231903

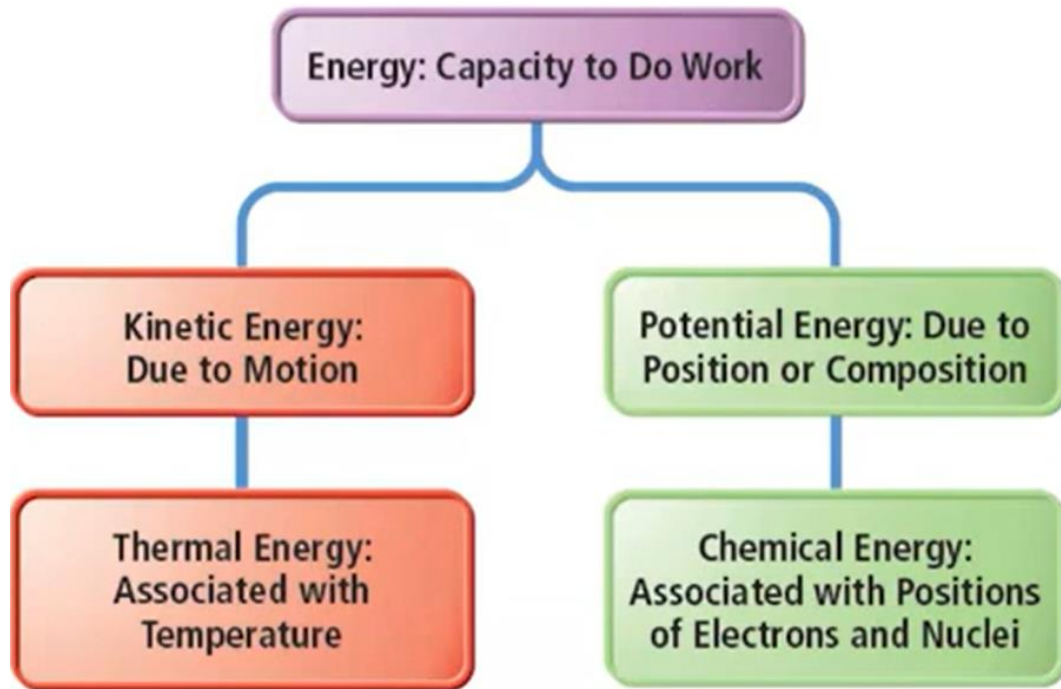
Ir. Daril Ridho Zuchrillah, S.T., M.T., IPP



# Energi



Suatu kemampuan untuk melakukan kerja, atau suatu besaran yang dapat lewat atau berada didalam benda.



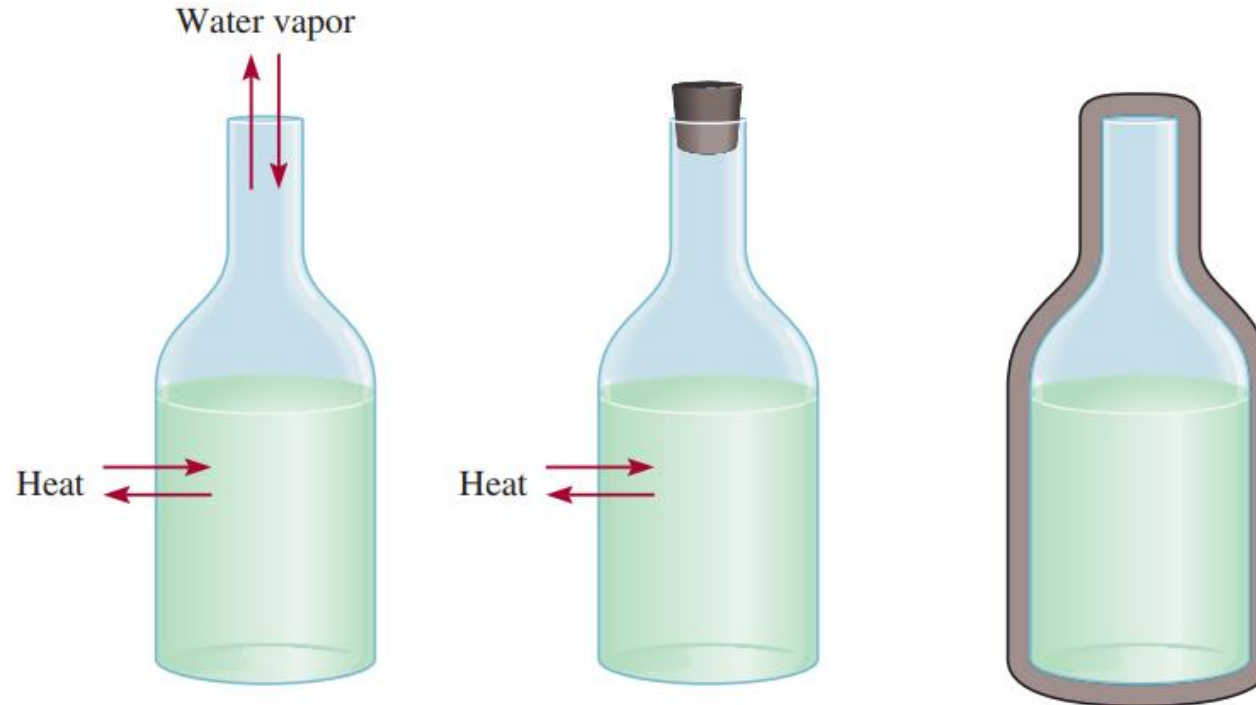
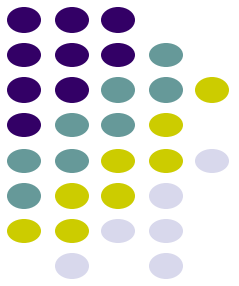
- Energi Kinetik,  $E_k$
- Energi Potensial,  $E_p$
- Energi dalam,  $U$
- Entalpi,  $H$
- Panas ( $Q$ )
- Kerja ( $W$ )

Energi-energi  
yang  
menyertai  
massa

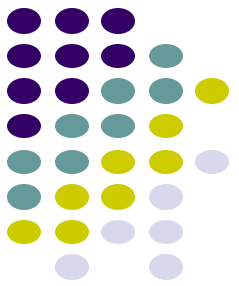
Energi-energi  
yang tidak  
menyertai  
massa

# Sistem dan Lingkungan

Alam semesta dapat dikelompokkan menjadi **sistem** (bagian yang dikaji) dan **lingkungan**



# Hukum Kekekalan Energi



- Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan.
- Energi hanya dapat dikonversi dari satu bentuk ke bentuk lain.
- Konsekuensi dari hukum kekekalan energi : energi total alam semesta adalah tetap.

$$\text{Energi total} = \text{Energi Potensial} + \text{Energi Kinetika}$$

## Satuan Energi

- **Joule** adalah energi kinetika 2 kg objek yang bergerak dengan kecepatan 1 m/s

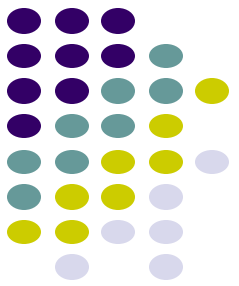
$$1 \text{ Joule} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(2\text{kg})\left(\frac{1\text{ m}}{1\text{ s}}\right)^2 = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

- **Kalori** adalah energi yang diperlukan untuk menaikkan temperature 1 g air sebesar 1°C

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

$$1 \text{ kilo kalori} = 4184 \text{ J}$$

# Temperatur



**Temperatur** sebanding dengan energi kinetika rata-rata dari objek.

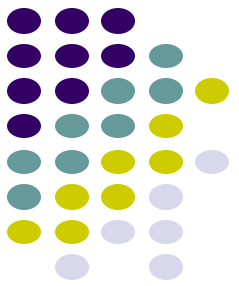
$$EK = \frac{1}{2} m \bar{v}^2$$

$$EK = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T = \frac{3}{2} k_B T$$

- $\bar{v}$  = Kecepatan rata-rata partikel/objek
- $R$  = tetapan gas ideal ( $8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )
- $N_A$  = tetapan Avogadro ( $6,022 \times 10^{23}$  partikel/mol)
- $k_B$  = tetapan Boltzman ( $1,38 \times 10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$ )

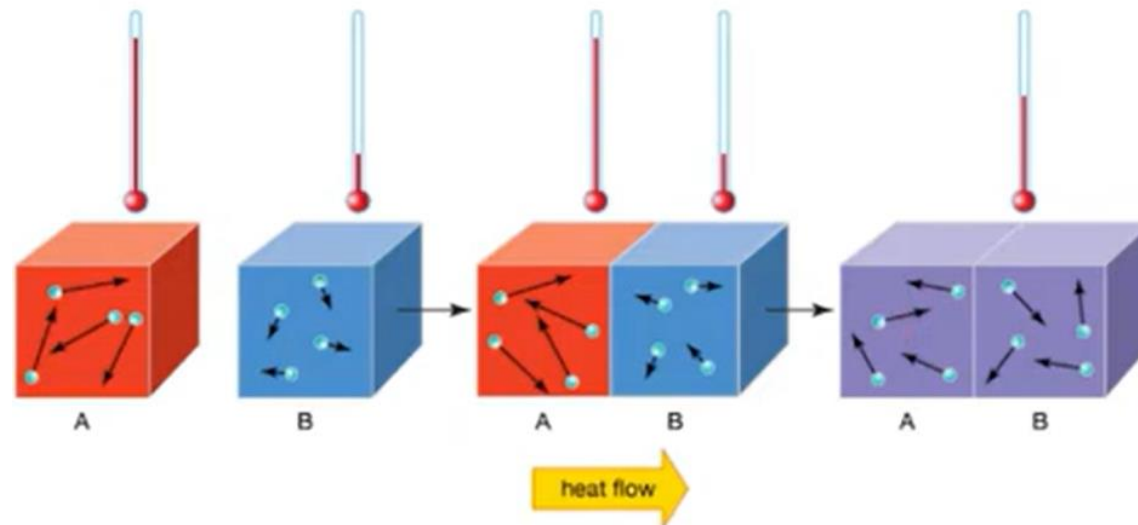
Persamaan di atas menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur, semakin cepat partikel bergerak, maka semakin tinggi energi kinetiknya.

# Kalor

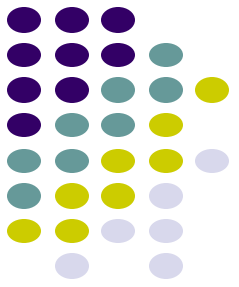


Kalor adalah jumlah total energi yang ditransfer antar objek akibat perbedaan temperature.

*Objek panas akan mentransfer energi dengan spontan ke objek yang lebih dingin hingga temperature kedua objek sama atau dengan kata lain setelah energi kinetika rata-rata kedua objek sama (Keseimbangan termal)*



# Energi dalam



- **Energi dalam (E)** adalah jumlah semua energi partikel dalam sistem.

$$E = E_K + E_P$$

- Perubahan energi dalam

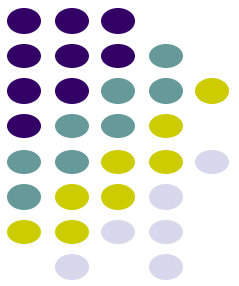
$$\Delta E = E_{akhir} - E_{awal}$$

- Perubahan energi dalam reaksi kimia : reaktan dan produk

$$\Delta E = E_{produk} - E_{reaktan}$$

- $E_{produk}$  dan  $E_{reaktan}$  tidak dapat diukur, yang dapat diukur adalah perubahannya atau  $\Delta E$

# Kalor dan Kapasitas Kalor



Kalor ( $q$ ) tidak dapat diukur secara langsung, tetapi perubahan kalor sebanding dengan perubahan temperatur  $\Delta t$

$$q = C \times \Delta t$$

$C$  = kapasitas kalor, yaitu jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan temperatur objek sebesar  $^{\circ}\text{C}$ . Satuan  $C = \text{J}/^{\circ}\text{C}$

Kapasitas kalor ( $C$ ) termasuk ke dalam besaran ekstensif, yaitu besaran yang nilainya bergantung pada jumlah zat dan identitas zat.

## **Contoh perhitungan kapasitas kalor**

Berapakah kapasitas kalor suatu objek, bila sebanyak 0,3 gram objek ini memerlukan kalor sebesar 2510 J agar temperaturnya naik  $2^{\circ}\text{C}$  ?

$$C_{\text{objek}} = \frac{q}{\Delta t} = \frac{2510\text{J}}{2^{\circ}\text{C}} = 1255 \text{ J}/^{\circ}\text{C}$$



# Kalor Jenis

Kalor Jenis ( $c$ ) adalah jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan temperature 1 gram zat sebesar 1 °C.

$$c = \frac{C}{m}$$

Kalor jenis merupakan besaran intensif, yaitu besaran yang tidak tergantung pada jumlah zat.

Perhitungan kalor menggunakan kalor jenis

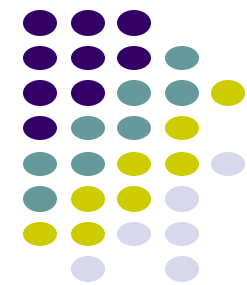
$$q = m \times c \times \Delta t$$

Zat yang memiliki kalor jenis lebih tinggi akan lebih resisten terhadap perubahan temperature Ketika dipanaskan.

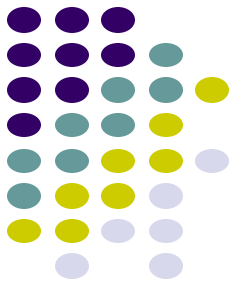
TABLE 6.2

The Specific Heats  
of Some Common  
Substances

Substance	Specific Heat (J/g · °C)
Al	0.900
Au	0.129
C (graphite)	0.720
C (diamond)	0.502
Cu	0.385
Fe	0.444
Hg	0.139
H <sub>2</sub> O	4.184
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (ethanol)	2.46



# Arah aliran kalor



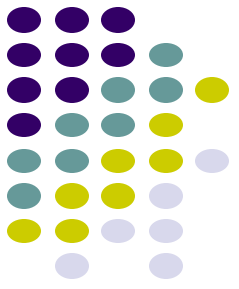
- Kalor adalah salah satu bentuk energi yang dapat ditransfer antara dua objek.
- Kalor yang hilang dari satu objek akan diterima dengan jumlah yang sama oleh objek yang lain.
- Untuk memahami kemana arah aliran kalor ( $q$ ), maka digunakan tanda:
  - Bila kalor diterima, maka  $q$  diberi tanda positif (+)
  - Bila kalor dilepaskan, maka  $q$  diberi tanda negatif (-)

**Contoh:** besi panas dimasukkan ke dalam gelas kimia berisi air dingin. Andaikan besi kehilangan 10,0 J, sementara air akan menerima 10,0 J kalor.

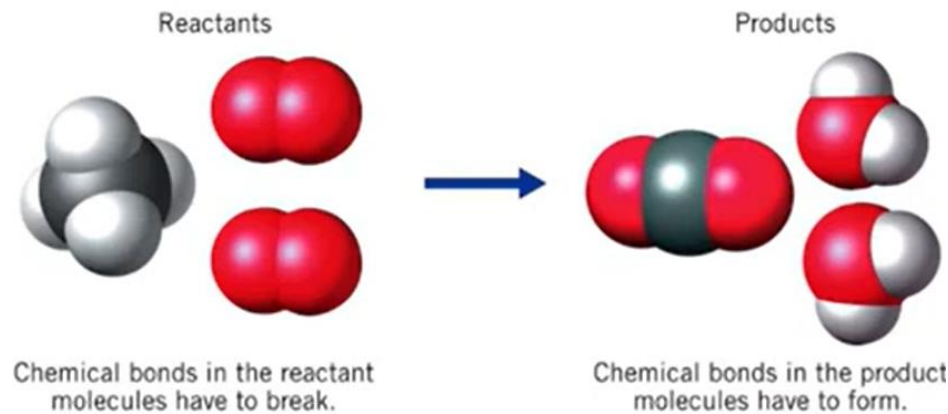
## Soal 1

Bola besi panas yang memiliki temperature sebesar  $260^{\circ}\text{C}$  dicelupkan ke dalam gelas yang berisi 250 g air. Temperatur air naik dari 25 ke  $37,3^{\circ}\text{C}$ . Tentukan nilai kapasitas kalor bola besi dalam satuan  $\text{J}/^{\circ}\text{C}$ . Diketahui kapasitas kalor segelas air adalah  $1.046 \text{ J}/^{\circ}\text{C}$

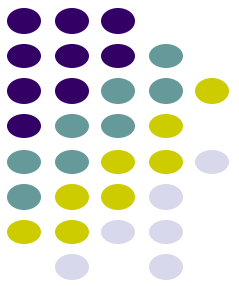
## Soal 2



Sebuah termos air berisi 100 g air panas ( $c=4,18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ ) dengan temperature  $100^\circ\text{C}$ . Kemudian ke dalam termos tersebut ditambahkan 100 g air dengan temperature  $25^\circ\text{C}$ . Bila temperatur akhir setelah pencampuran adalah  $61^\circ\text{C}$ . Tentukan kapasitas kalor dari termos tersebut



# Reaksi Kimia

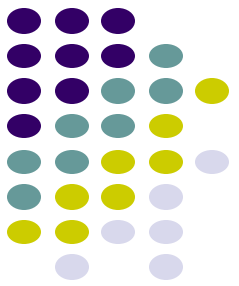


Pembentukan Ikatan Kimia	Pemutusan Ikatan Kimia
Atom-atom yang saling Tarik-menarik akan bergerak saling mendekat	Atom-atom yang saling terikat dipaksa saling menjauh
Menurunkan energi potensial sistem reaksi	Menaikkan energi potensial sistem reaksi
Melepaskan energi	Memerlukan energi

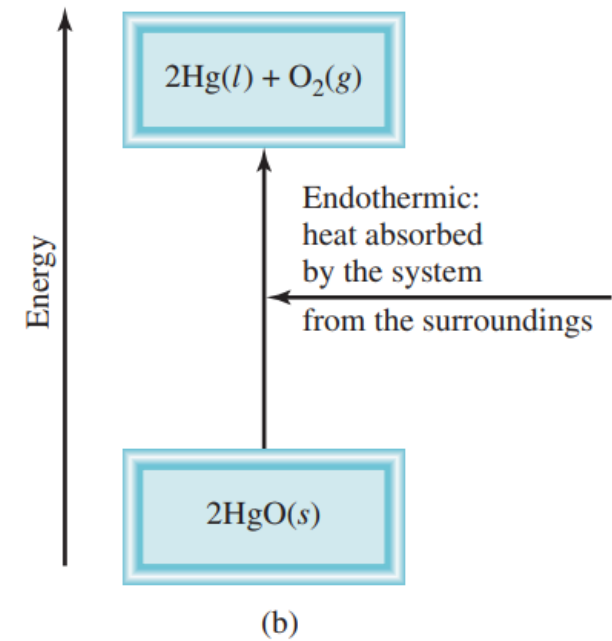
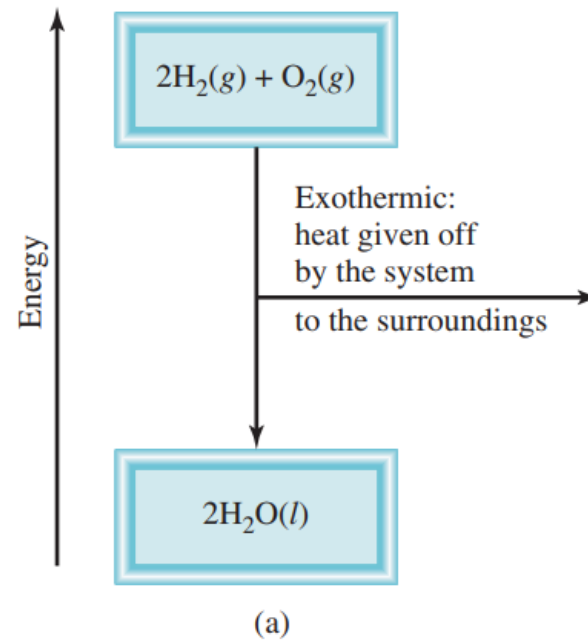
Kekuatan ikatan berkorelasi dengan besarnya energi yang diperlukan untuk memutus ikatan atau dinyatakan juga dengan besarnya energi yang dilepaskan Ketika ikatan dibentuk.

- Semakin besar energi yang diperlukan untuk memutus ikatan, semakin kuat ikatannya.
- Ikatan yang lebih kuat adalah ikatan yang Ketika terbentuk melepaskan energi lebih besar.
- Bila reaktan ikatannya lebih lemah dan produk ikatannya lebih kuat, maka akan dihasilkan energi.

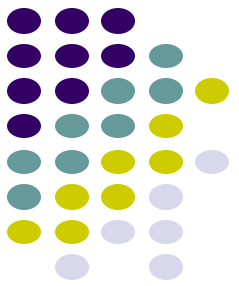
# Tipe Reaksi Kimia



On heating, HgO decomposes to give Hg and O<sub>2</sub>.

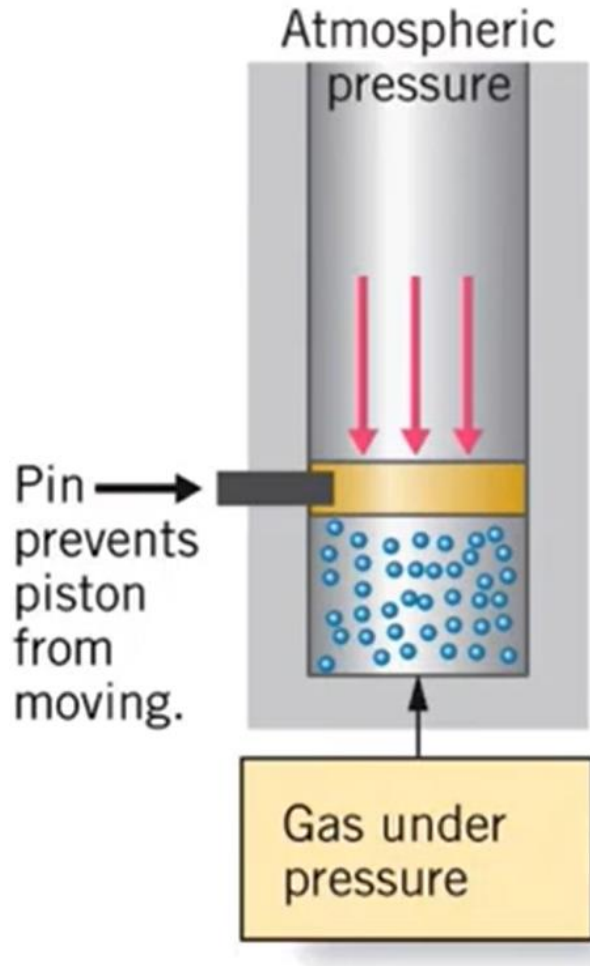
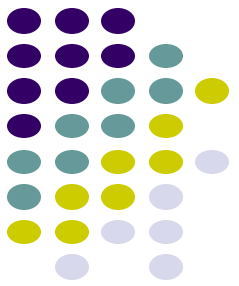


# Kalor Reaksi



- Kalor reaksi adalah kalor yang diserap atau dilepaskan dalam reaksi kimia.
- Kalor reaksi ditentukan dengan mengukur perubahan temperatur lingkungan akibat reaksi kimia.
- **Kalorimeter** adalah alat yang digunakan untuk mengukur perubahan temperatur akibat dari reaksi kimia.
- Kapasitas kalor kalorimeter telah diketahui, sehingga perubahan temperatur yang terukur dapat digunakan untuk menentukan kalor reaksi.
- Kalorimeter mengukur kalor reaksi dalam dua kondisi:
  - **Volume tetap:** kalor reaksi yang terukur adalah kalor pada volume tetap disimbolkan sebagai  $q_V$
  - **Tekanan tetap:** kalor reaksi yang terukur adalah kalor pada tekanan tetap disimbolkan  $q_P$
- Perbedaan nilai  $q_V$  dan  $q_P$  dapat signifikan khususnya untuk reaksi yang menghasilkan perubahan volume, seperti reaksi yang menggunakan gas atau menghasilkan gas
- Untuk menguji perbedaan  $q_V$  dan  $q_P$  reaksi dilakukan dalam suatu piston yang ditenamkan ke dalam ember berisi air. Jadi sistem kalorimeternya adalah ember, air dan piston.

# Reaksi dalam Kalorimeter V tetap



## Contoh :

Suatu reaksi dilakukan 2 kali dalam kalorimeter dengan volume tetap dan tekanan tetap. Kapasitas kalor kalorimeter adalah  $8,101 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$

## Hasil reaksi dalam kalorimeter volume tetap

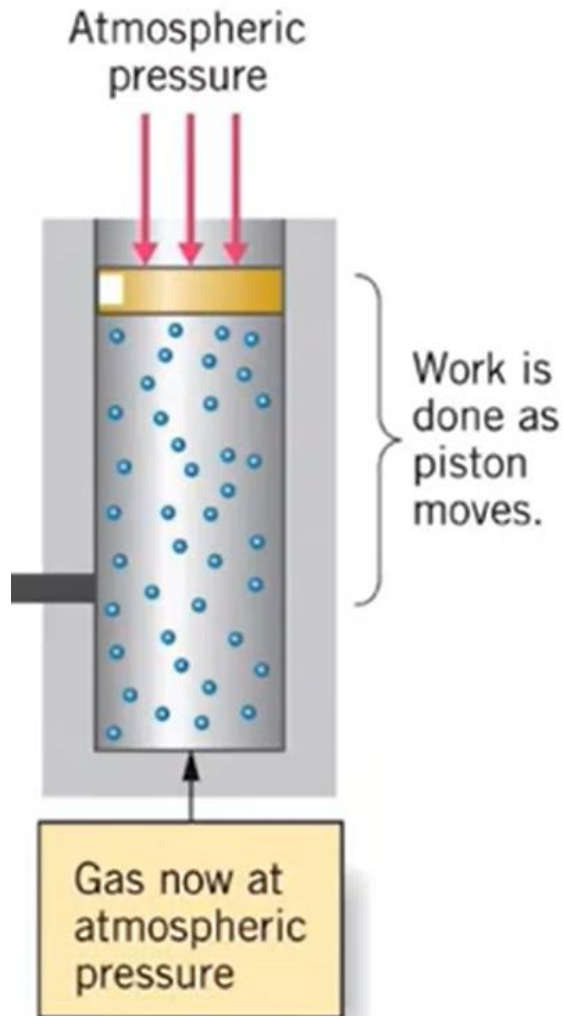
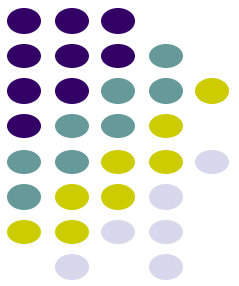
Agar reaksi berlangsung pada volume tetap, posisi piston dikunci agar tidak bergerak.

$$t_{awal} = 24^\circ\text{C}$$

$$t_{akhir} = 28,91^\circ\text{C}$$

$$q_V = -q_{cal} = -C\Delta t = -8,101 \frac{\text{kJ}}{^\circ\text{C}} \times (28,91 - 24)^\circ\text{C} = -39,8 \text{ kJ}$$

# Reaksi dalam Kalorimeter P tetap



## Contoh :

Suatu reaksi dilakukan 2 kali dalam kalorimeter dengan volume tetap dan tekanan tetap. Kapasitas kalor kalorimeter adalah  $8,101 \text{ kJ/}^{\circ}\text{C}$

## Hasil reaksi dalam kalorimeter Tekanan tetap

Agar reaksi berlangsung pada tekanan tetap, posisi piston dibebaskan agar bergerak bebas.

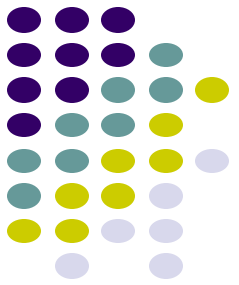
$$t_{awal} = 27,32^{\circ}\text{C}$$

$$t_{akhir} = 31,54^{\circ}\text{C}$$

$$q_P = -q_{cal} = -C\Delta t = -8,101 \frac{\text{kJ}}{^{\circ}\text{C}} \times (31,54 - 27,32)^{\circ}\text{C} = -34,2 \text{ kJ}$$



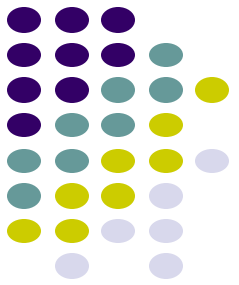
# Kerja Tekanan-Volume



- Hasil eksperimen pada kalorimeter volume tetap,  $q_V = -39,8 \text{ kJ}$
- Hasil eksperimen pada kalorimeter tekanan tetap,  $q_P = -34,2 \text{ kJ}$
- Perbedaan nilai  $q_V$  dan  $q_P$  karena dalam kalorimeter tekanan tetap, sistem (campuran reaksi) mengembang, mendorong piston melawan tekanan atmosfer. Oleh karena itu, Sebagian energi digunakan sistem melakukan **kerja ekspansi**.

$$\text{Kerja} = (-39,8 \text{ kJ}) - (-34,2 \text{ kJ}) = - 5,6 \text{ kJ}$$

- Kerja yang dilakukan sistem bernilai negatif menyatakan kerja menurunkan energi sistem.



# Konvensi dalam Kerja Tekanan-Volume

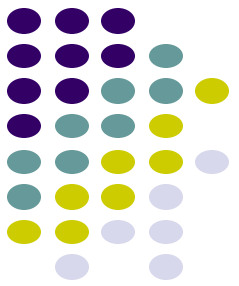
$$W = -P \times \Delta V$$

- P adalah tekanan eksternal yang melawan kerja piston
- $\Delta V = V_{akhir} - V_{awal}$ 
  - Ekspansi :  $\Delta V > 0$ , sehingga  $W_{ekspansi} < 0$  atau sistem melakukan kerja
  - Kompresi :  $\Delta V < 0$ , sehingga  $W_{kompresi} > 0$  atau sistem menerima kerja

## Soal 3

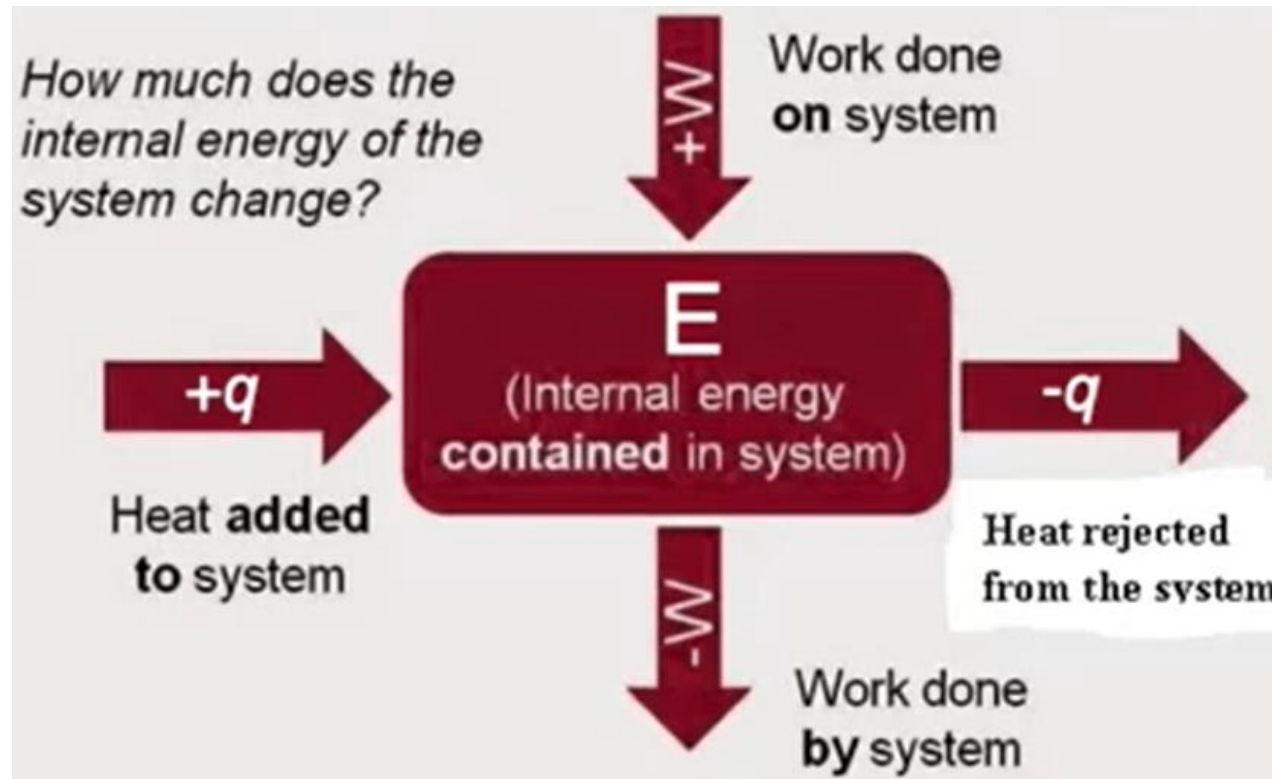
Hitung kerja dalam satuan joule yang berhubungan dengan ekspansi gas dari 152 Liter ke 189 Liter yang dilakukan terhadap tekanan tetap sebesar 17 atm.

# Hukum Pertama Termodinamika

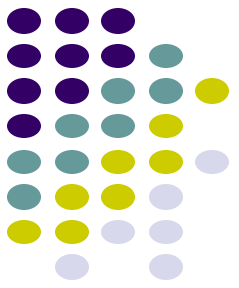


Energi dapat ditransfer sebagai kalor ( $q$ ) atau kerja ( $W$ ), tetapi tidak bisa hilang atau bertambah.

$$\Delta E = q + W$$



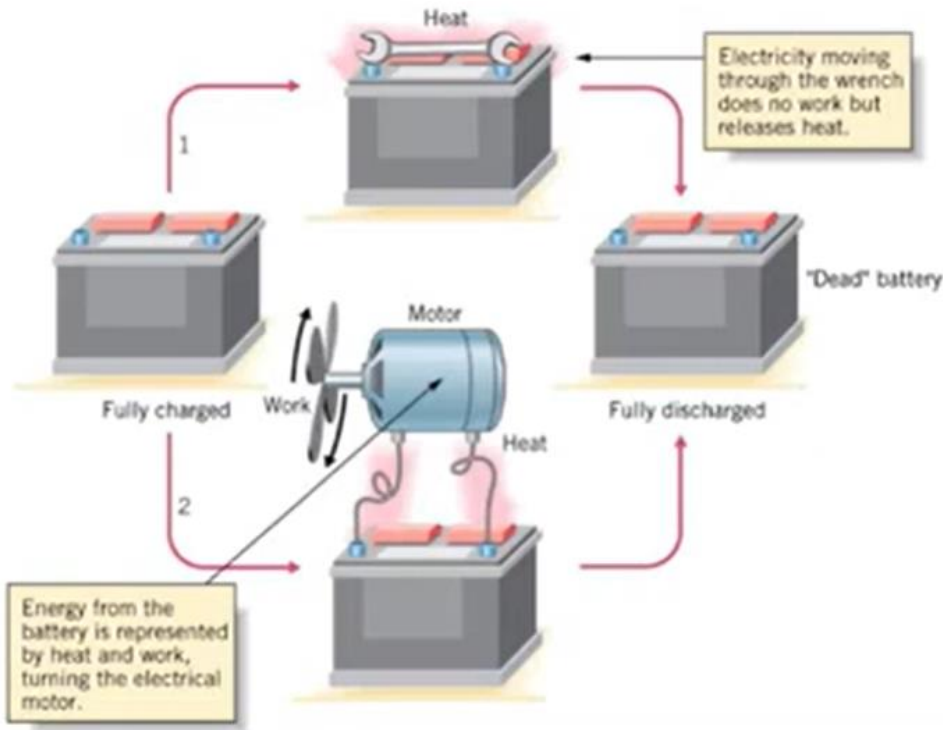
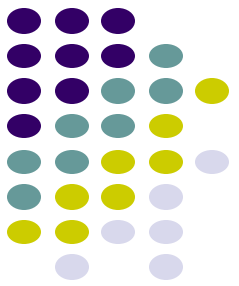
# Keadaan Objek atau Sistem



- Keadaan objek/sistem adalah seluruh sifat yang menerangkan keadaan objek.
- Untuk kimia, sifat didefinisikan oleh komposisi kimia, tekanan (P), temperature (T), dan Volume (V).
- Fungsi keadaan adalah suatu sifat yang hanya bergantung pada keadaan dan kondisi saat ini. Tidak bergantung pada metode, lintasan atau mekanisme bagaimana keadaan saat ini dicapai.



# $\Delta E$ adalah Fungsi Keadaan



Cara konsumsi energi baterai :

Cara-1: kutub baterai disambung dengan logam. Semua energi diubah menjadi kalor, tidak ada kerja yang dilakukan

$$\Delta E_1 = q \quad (W = 0)$$

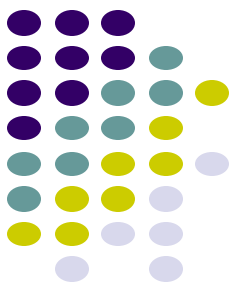
Cara-2: kutub baterai disambungkan dengan motor. Pada kondisi ini, Sebagian besar energi digunakan untuk kerja dan sedikit kalor.

$$\Delta E_2 = q + W \quad (W \gg q)$$

Apapun caranya akan menghasilkan kondisi awal dan akhir yang sama. Kedua cara akan sama-sama menghabiskan energi kimia baterai:

$$\Delta E_1 = E_{akhir} - E_{awal} = \Delta E_2$$

# Mengukur $\Delta E$ dengan Kalorimeter bom



- Kalorimeter bom adalah kalorimeter volume tetap ( $\Delta V = 0$ )
- Kontainer kalorimeter dikelilingi oleh dinding insulator yang rigid dan tebal, sehingga tidak hanya volume yang tetap, juga tidak ada kalor yang dapat keluar selama reaksi.

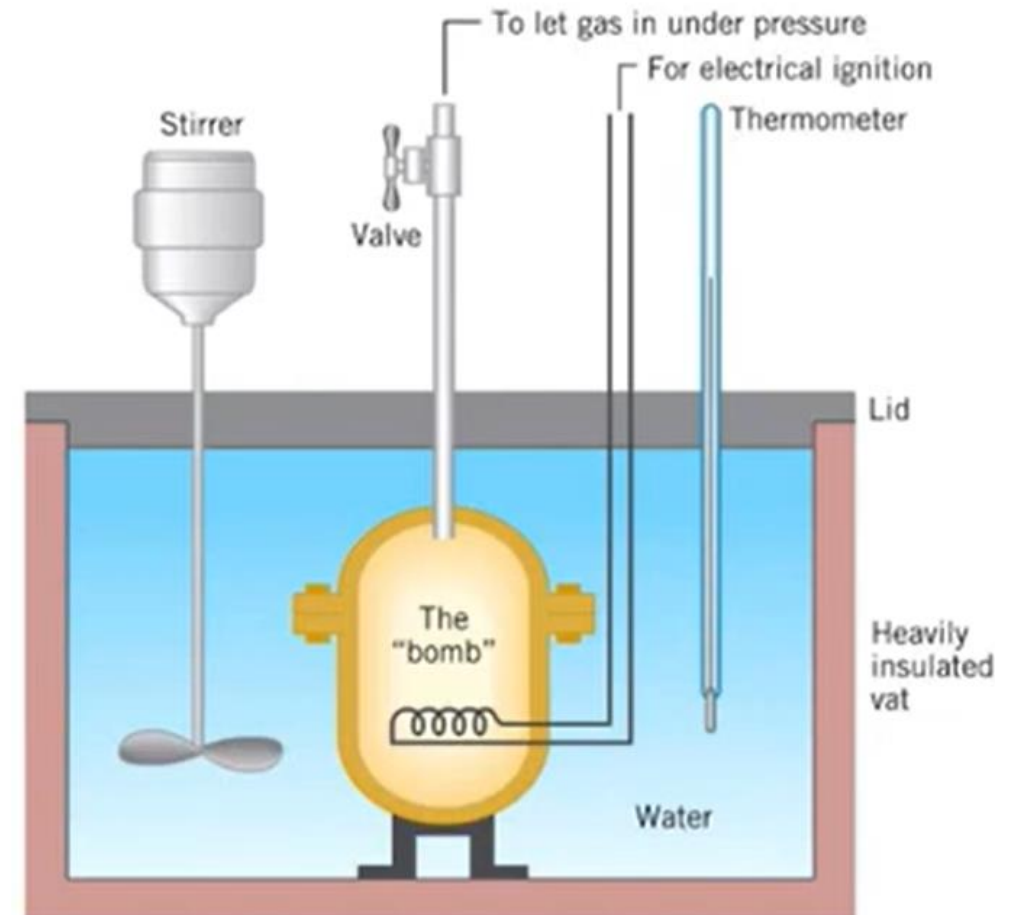
$$\Delta E = q + W$$

HK  $\uparrow$

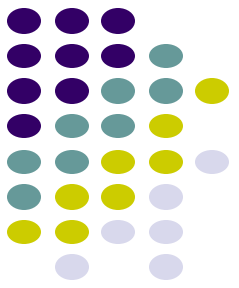
$$\Delta E = q - p\Delta V$$

$$\Delta E = q - 0$$

$$\Delta E = q_V$$



## Soal 4

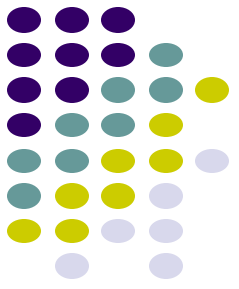


Bila 1 g minyak zaitun dibakar sempurna oleh oksigen murni dalam Kalorimeter bom, maka temperature selimut air naik dari 22 °C ke 26,049 °C

- Tentukan jumlah kalori dalam Cal (1 Cal = 1 kkal) yang terkandung dalam tiap gram minyak zaitun, bila diketahui kapasitas kalor calorimeter adalah 9,032 kJ/°C
- Minyak zaitun hampir seluruhnya adalah gliseril triolet,  $C_{57}H_{104}O_6$ . Tentukan  $\Delta E$  untuk pembakaran 1 mol gliseril triolet, dengan asumsi minyak zaitun yang terbakar dalam calorimeter adalah murni gliseril oleat.

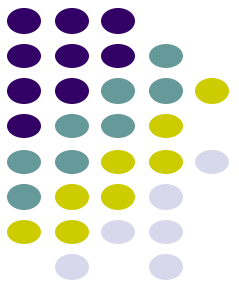
## Soal 5

Kalorimeter bom memiliki kapasitas kalor sebesar 2,47 kJ/K. Ketika  $3,74 \times 10^{-3}$  mol sampel etilena dibakar dalam kalorimeter ini, temperatur naik sebesar 2,14 K. Tentukan kalor pembakaran untuk 1 mol etilena.





# Entalpi



Pada pembahasan sebelumnya, kalor pada volume tetap ( $q_v$ ) sama dengan nilai  $\Delta E$ . Bagaimana dengan kalor pada tekanan tetap ( $q_p$ ), besaran termodinamika apa yang setara dengan kalor pada kondisi ini ?

## Entalpi, H

Adalah besaran termodinamika yang berhubungan dengan kalor pada tekanan tetap.

Definisi entalpi  **$H = E + PV$**

Pada tekanan tetap, perubahan entalpi adalah

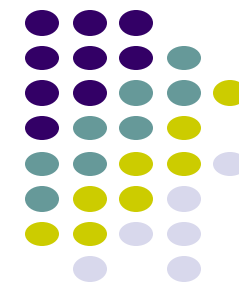
$$\Delta H = \Delta E + P\Delta V = (q_p + W) + P\Delta V$$

Bila hanya kerja tekanan-volume yang berlangsung pada sistem, maka  **$W = -P\Delta V$**

$$\Delta H = (q_p + W) - W = q_p$$

Jadi  $\Delta H$  adalah **kalor pada tekanan tetap**.

# Mengukur Kalor Pada Tekanan Tetap

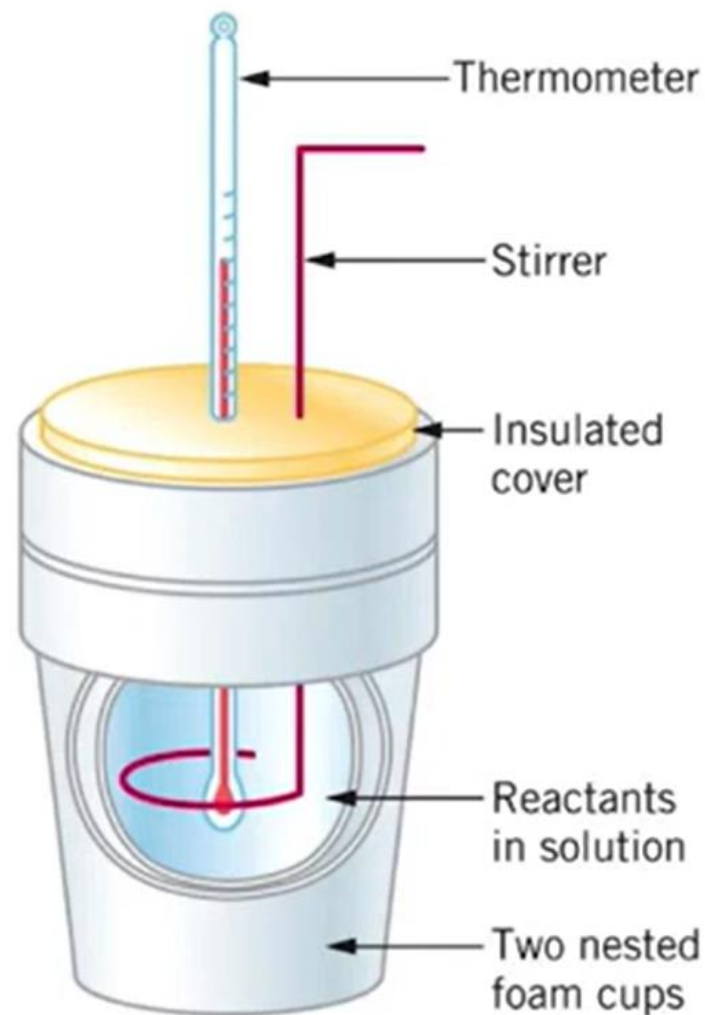


Kalor pada tekanan tetap diukur menggunakan kalorimeter tekanan tetap. Dikenal sebagai *coffee cup calorimeter*.

Kalorimeter ini bertekanan tetap, karena terbuka sehingga tekanannya mengikuti tekanan atmosfer.

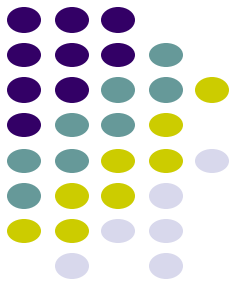
Kalor reaksi:

$$q_P = C\Delta t$$



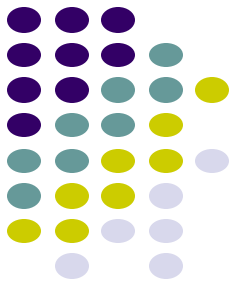
## Soal 6

NaOH dan HCl bereaksi dengan cepat dan eksoterm. Sebanyak 50 mL HCl 1 M dicampurkan dengan 50 mL NaOH 1 M. Hasil dari reaksi HCl dan NaOH menyebabkan kenaikan temperature dari 25,5°C ke 32,2°C. Tentukan entalpi reaksi dalam kJ/mol dari HCl. Asumsi kalor jenis larutan sama dengan kalor jenis air,  $c = 4,184 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ . Kerapatan HCl 1 M = 1,02 g/mL dan NaOH 1 M = 1,04 g/mL.



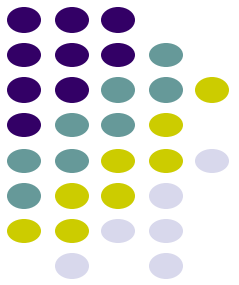
# Soal 7

Ketika 50 mL larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,987 M ditambahkan pada 25 mL larutan  $\text{NaOH}$  2 M pada  $25^\circ\text{C}$  dalam calorimeter, temperature larutan naik menjadi  $33,9^\circ\text{C}$ . Tentukan  $\Delta H$  dalam satuan kJ/mol terhadap reaktan pembatas. Diasumsikan kalor jenis larutan adalah  $4,184 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ , kerapatan  $1 \text{ g/mL}$  dan kalor yang diserap oleh calorimeter diabaikan.

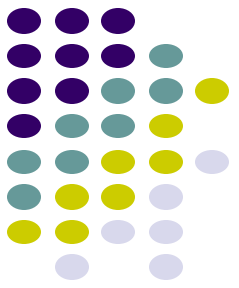


## Soal 8

Sebanyak 43,29 gram sampel padatan dipindahkan dari air panas dengan suhu  $99,8^{\circ}\text{C}$  ke calorimeter tekanan tetap yang berisi 152 g air dengan temperatur  $22,5^{\circ}\text{C}$ . Temperatur air naik menjadi  $24,3^{\circ}\text{C}$ . Tentukan kalor jenis dari padatan ( $c_{\text{air}} = 4,184 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$ )



# Perubahan Entalpi dalam Reaksi Kimia



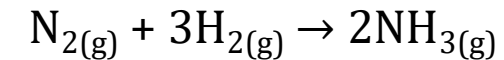
## Keadaan standar dalam termokimia

- Tekanan = 1 atm
- Suhu = 25 °C
- Jumlah zat = 1 mol (untuk reaksi pembentukan dan transisi fasa)
- Jumlah zat = mol dalam persamaan kimia (menggunakan acuan koefisien reaksi bilangan bulat paling sederhana)
- Perubahan energi dalam  $\Delta U$  dan  $\Delta H$  perubahan entalpi adalah **fungsi keadaan** dan juga merupakan besaran **ekstensif**
- Simbol  $\Delta U^\circ$  dan  $\Delta H^\circ$  digunakan untuk menyoroti perubahan pada keadaan standar.
- $\Delta H_f^\circ$  Adalah perubahan entalpi reaksi 1 atm dan 25°C

## Reaksi pada keadaan standar

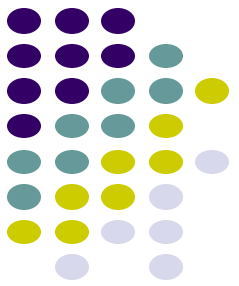
Reaksi 1 mol  $\text{N}_2$  (g) dengan 3 mol  $\text{H}_2$  (g) menghasilkan 2 mol  $\text{NH}_3$  (g) dan melepaskan kalor sebesar 92,38 kJ pada 25°C dan 1 atm.

Reaksi :



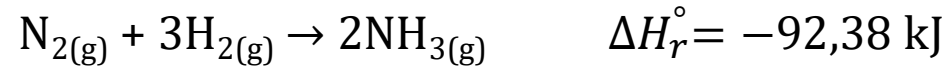
karena komposisi mol sama dengan koefisien paling sederhana dan kondisi reaksi pada 25°C dan 1 atm, maka kalor yang dihasilkan adalah entalpi standar reaksi,  $\Delta H^\circ = -93,38 \text{ kJ}$

# Persamaan Termokimia



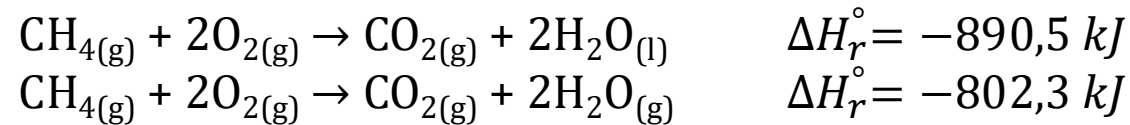
Persamaan kimia yang diikuti nilai perubahan entalpi reaksi ( $\Delta H_r$ )

Reaksi :



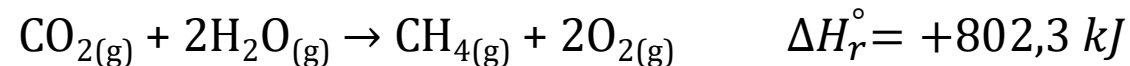
Penulisan persamaan termokimia harus dilengkapi dengan fasa, karena perbedaan keadaan zat dapat memberikan perubahan entalpi yang berbeda.

Contoh:

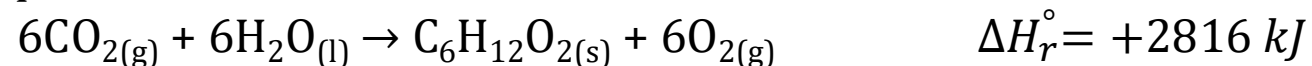


Perbedaan diatas setara dengan energi yang diperlukan untuk menguapkan air.

Bila persamaan termokimia diatas dibalik, maka entalpi reaksi harus berubah tanda.



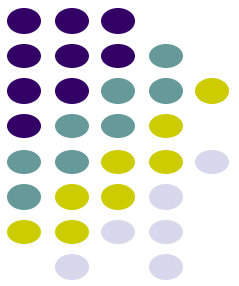
Berdasarkan persamaan termokimia di bawah ini,



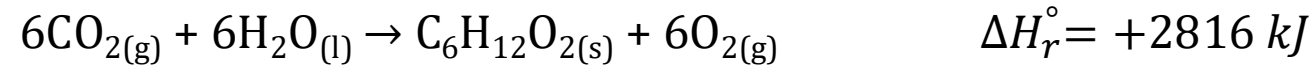
- berapakah jumlah kalor yang diperlukan (dalam kJ) bila 44 g  $\text{CO}_2$  (MM = 44 g/mol) bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  ?
- Bila kalor yang tersedia 100 kJ berapa g  $\text{CO}_2$  yang dapat dikonversi menjadi glukosa ?

## Soal 9

## Soal 9



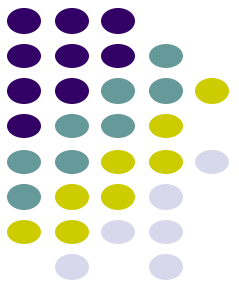
Berdasarkan persamaan termokimia di bawah ini,



- berapakah jumlah kalor yang diperlukan (dalam kJ) bila 44 g  $\text{CO}_2$  (MM = 44 g/mol) bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  ?
- Bila kalor yang tersedia 100 kJ berapa g  $\text{CO}_2$  yang dapat dikonversi menjadi glukosa ?



# Hukum Hess dan Diagram Entalpi



Menyatakan untuk setiap reaksi yang dituliskan ke dalam beberapa tahap, maka nilai  $\Delta H_r^\circ = \sum \Delta H_r^\circ$  tiap tahap

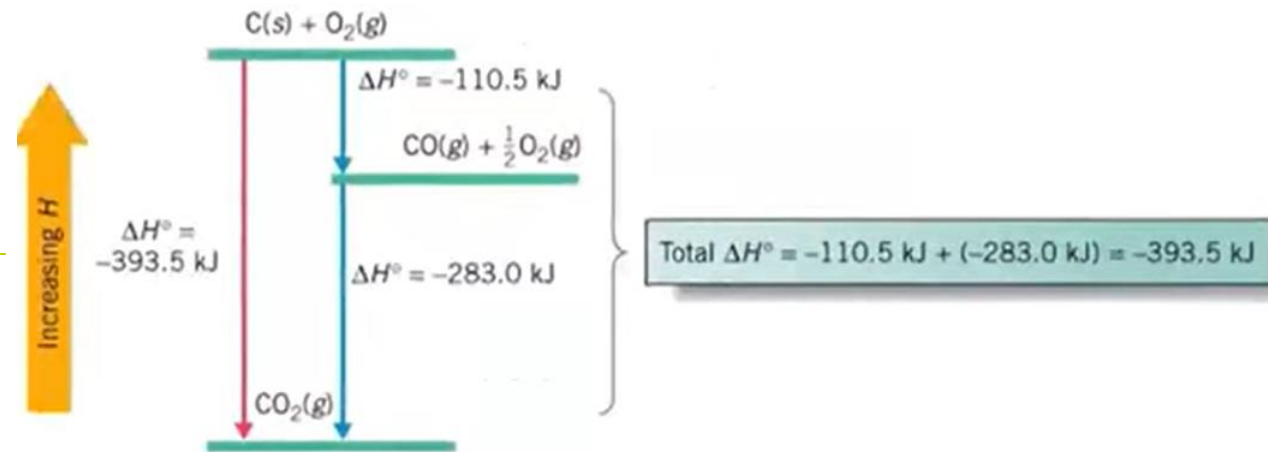
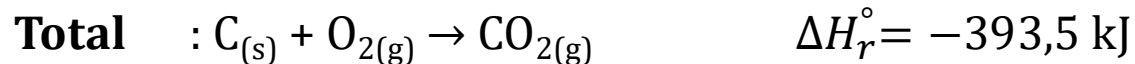
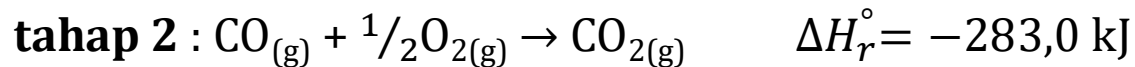
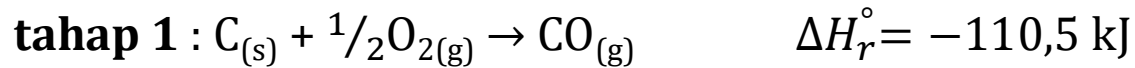
Contoh :

Reaksi satu tahap sintesis  $\text{CO}_2$  akan menghasilkan entalpi reaksi yang sama dengan reaksi dua tahap.

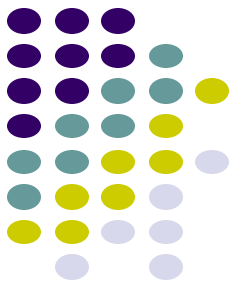
Reaksi satu tahap :



Reaksi dua tahap :



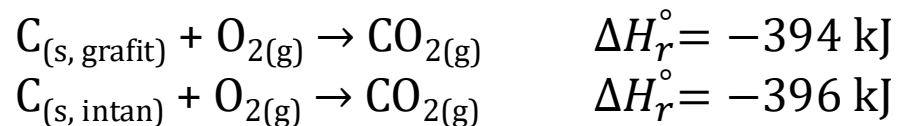
# Aturan manipulasi persamaan Termokimia



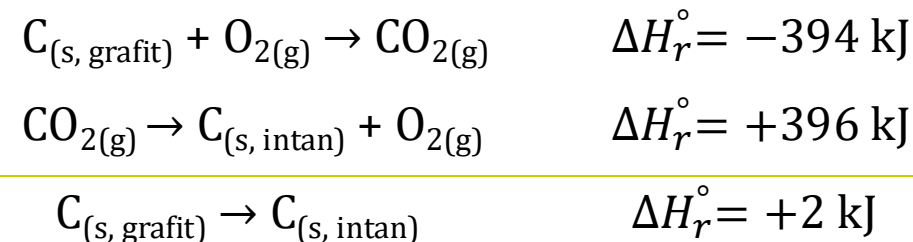
1. Ketika persamaan termokimia dibalik maka tanda dari  $\Delta H_r^\circ$  juga harus dibalik
2. Bila semua koefisien persamaan termokimia dikali atau dibagi, maka nilai  $\Delta H_r^\circ$  juga harus dikali atau dibagi dengan faktor yang sama
3. Spesi yang sama di dua sisi persamaan termokimia hanya dapat dicoret bila **fasa spesinya sama**.

## Contoh :

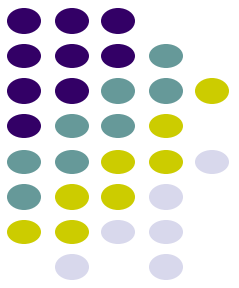
Tentukan entalpi reaksi,  $\Delta H_r^\circ$  untuk  $\text{C(s, grafit)} \rightarrow \text{C(s, intan)}$  dengan memanfaatkan dua persamaan termokimia di bawah ini:



Untuk mendapatkan persamaan termokimia yang diinginkan reaksi kedua harus dibalik.

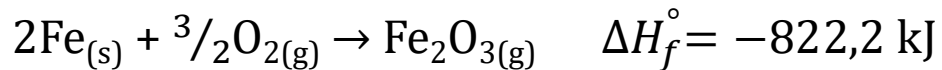
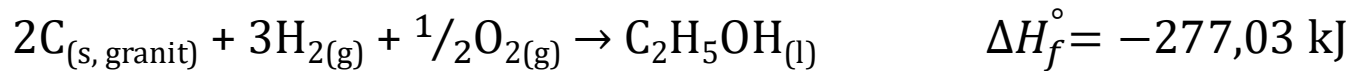


# Entalpi pembentukan standar



Kalor yang diserap/dilepaskan Ketika 1 mol zat terbentuk pada 1 atm dan 25°C dari unsur-unsurnya dalam keadaan standar.

Semua unsur dalam bentuk paling stabil dalam keadaan standar memiliki  $\Delta H_f^\circ = 0$



## Menentukan $\Delta H_r^\circ$ dari data $\Delta H_f^\circ$

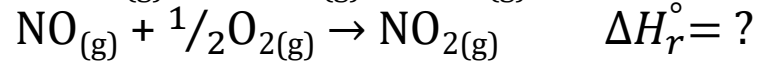
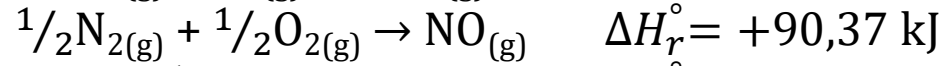
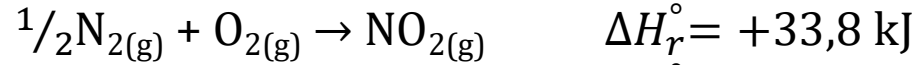
Untuk reaksi  $a\text{A} + b\text{B} \rightarrow c\text{C} + d\text{D}$

$$\Delta H_r^\circ = c\Delta H_{f,C}^\circ + d\Delta H_{f,D}^\circ - (a\Delta H_{f,A}^\circ + b\Delta H_{f,B}^\circ)$$

Satuan  $\Delta H_{reaksi}^\circ$  adalah kJ, karena koefisien reaksi dikali entalpi pembentukan standar

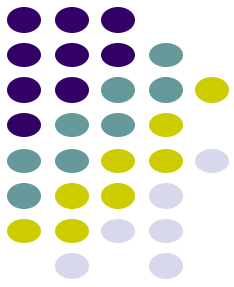
Buat diagram entalpi untuk pembentukan  $\text{NO}_2$  dari unsur-unsurnya melalui 2 jalur yang berbeda: Jalur pertama langsung dari unsur-unsurnya dan jalur kedua melalui proses 2 tahap.

Berikut adalah persamaan termokimia yang relevan untuk kedua jalur:

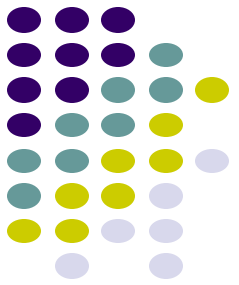


Melalui diagram yang dibuat, tentukan nilai entalpi reaksi terakhir ?

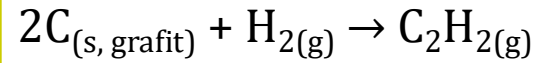
## Soal 10



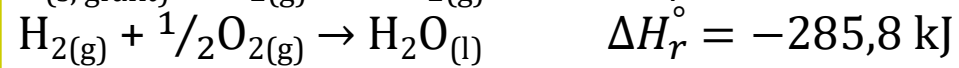
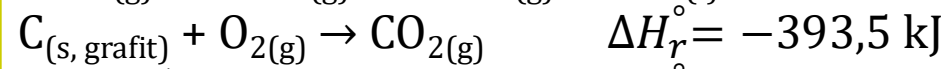
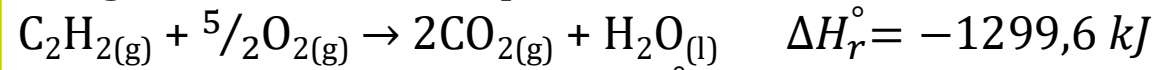
# Soal 11



Tentukan entalpi reaksi,  $\Delta H_r^\circ$ , untuk



Dengan memanfaatkan persamaan termokimia dibawah ini



Entalpi pembakaran standar untuk eikson,  $C_{20}H_{42(s)}$  adalah  $1.332 \times 10^4$  kJ/mol ketika zat ini dibakar dengan oksigen murni dan produknya didinginkan hingga  $25^\circ\text{C}$ . Produk pembakaran ini hanya  $CO_{2(g)}$  dan  $H_2O_{(l)}$ .

- Tuliskan persamaan termokimia pembakaran eikosan.
- Diketahui  $\Delta H_f^\circ CO_{2(g)} = -393,5$  kJ/mol dan  $\Delta H_f^\circ H_2O(l) = -285,9$  kJ/mol, tentukan nilai entalpi pembentukan standar dari eikosan.

## Soal 12

