

A hand is holding a white rectangular card with a thin gold border. The card is positioned in the center of the frame. The background is a composite image featuring a grid pattern in shades of red, orange, and yellow. A line graph with a yellow line is visible in the upper right corner. In the lower left corner, there are 3D cutouts of a dollar sign (\$) and a yen sign (¥).

# **Pengantar Termodinamika Kimia**

# Termodinamika Kimia:

## Pengertian Sederhana



Termodinamika  
Kimia

Termodinamika

Kimia

Termo = panas

Dinamika  
= perubahan

**Kajian mengenai perubahan panas (dan bentuk-bentuk energi lainnya) yang menyertai reaksi kimia**



## (6) Hubungan Energi dalam Reaksi Kimia

- ❖ Sifat Energi & Jenis-jenis Energi
- ❖ Perubahan Energi dalam Reaksi Kimia
- ❖ Pengantar Termodinamika
  - Hukum I Termodinamika – Energi, Kerja, dan Kalor
- ❖ Entalpi Reaksi Kimia
  - Entalpi, Entalpi Reaksi, Persamaan Termokimia, Perbandingan  $\Delta H$  dan  $\Delta E$



## (6) Hubungan Energi dalam Reaksi Kimia

### ❖ Kalorimetri

- Kalor jenis dan Kapasitas Kalor
- Kalorimeter Volume Konstan
- Kalorimeter Tekanan Konstan

### ❖ Entalpi Pembentukan Standar dan Entalpi Reaksi Standar

- Metode Langsung
- Metode Tak Langsung



# Fokus kajian kimia dalam aspek:

- Stoikiometri reaksi:
  - Apa yang terjadi? (Reaktan, produk, berapa rasio jumlah molnya?)
- Termodinamika kimia:
  - Apakah suatu reaksi dapat terjadi (secara spontan)?
- Kinetika kimia:
  - Seberapa laju reaksi terjadi?

# Contoh Kasus

Reaksi antara soda kue dengan asam cuka:



Stoikiometri	Termodinamika	Kinetika
Apa yang terjadi ?	Dapatkah reaksi terjadi (secara spontan)?	Seberapa laju reaksi terjadi?
Pers. reaksi: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ spesies kimia yang terlibat</li> <li>■ perbandingannya (dalam mol)</li> </ul>	<i>Driving forces</i> reaksi spontan: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>\Delta G</math></li> <li>■ <math>\Delta H</math> (Pers. Termokimia)</li> <li>■ <math>\Delta S</math></li> </ul>	Pers. laju reaksi: $r = k [\text{NaHCO}_3]^x [\text{CH}_3\text{COOH}]^y$





# Termodinamika Kimia :



- ❖ Apa yang menyebabkan (*driving forces*) suatu reaksi terjadi?
  - Mengapa pada temperatur kamar es mencair secara spontan tetapi proses sebaliknya tidak?
  - Mengapa kita mengalami penuaan secara alamiah tetapi proses sebaliknya tidak
- ❖ Konsep panas & energi
- ❖ Energi yang bermanfaat hasil dari reaksi kimia
- ❖ Entropi dan energi bebas (pengenalan)

# Hukum Termodinamika

(yang paling penting)



## Hukum Termodinamika

Hukum I:  
kelestarian energi

*You cannot win*

Hukum II:  
entropi

*You cannot break even*

**Spontanitas reaksi ditentukan oleh  
faktor energi (dalam kimia: entalpi) & entropi**





# Definisi Energi



**Kemampuan  
melakukan kerja**

**Kemampuan melakukan kerja  
atau memberikan panas**

panas,  
kerja,  
massa,  
entropi

**Segala sesuatu yang disebut energi dan  
segala sesuatu yang dapat diubah  
menjadi atau berasal dari energi**

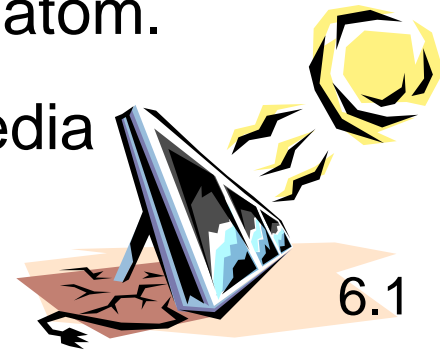
**Definisi semakin kompleks & lengkap (inklusif)**



# Jenis-jenis energi



- **Energi Radiasi** berasal dari matahari dan merupakan sumber energi utama di Bumi.
- **Energi Termal** adalah energi yang berkaitan dengan gerak acak atom-atom dan molekul.
- **Energi Kimia** tersimpan dalam satuan struktur zat kimia.
- **Energi Nuklir** merupakan energi yg tersimpan dalam gabungan neutron dan proton pada atom.
- **Energi Potensial** adalah energi yang tersedia akibat posisi suatu benda.



# Hukum I Termodinamika



Jumlah total energi  
di alam selalu tetap.

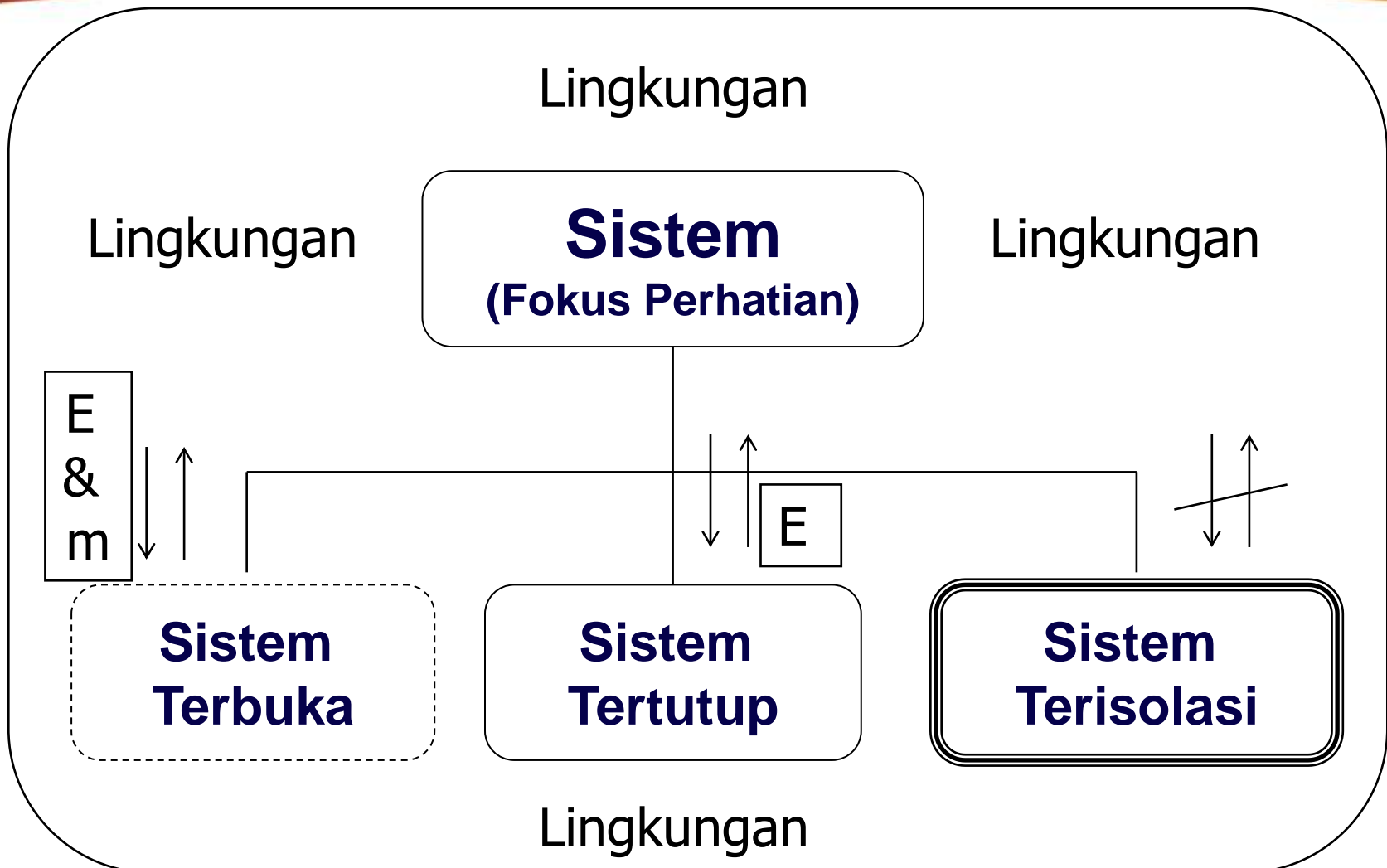
Energi tidak dapat  
diciptakan  
(something from nothing);

Energi tidak dapat  
dimusnahkan  
(something into nothing)

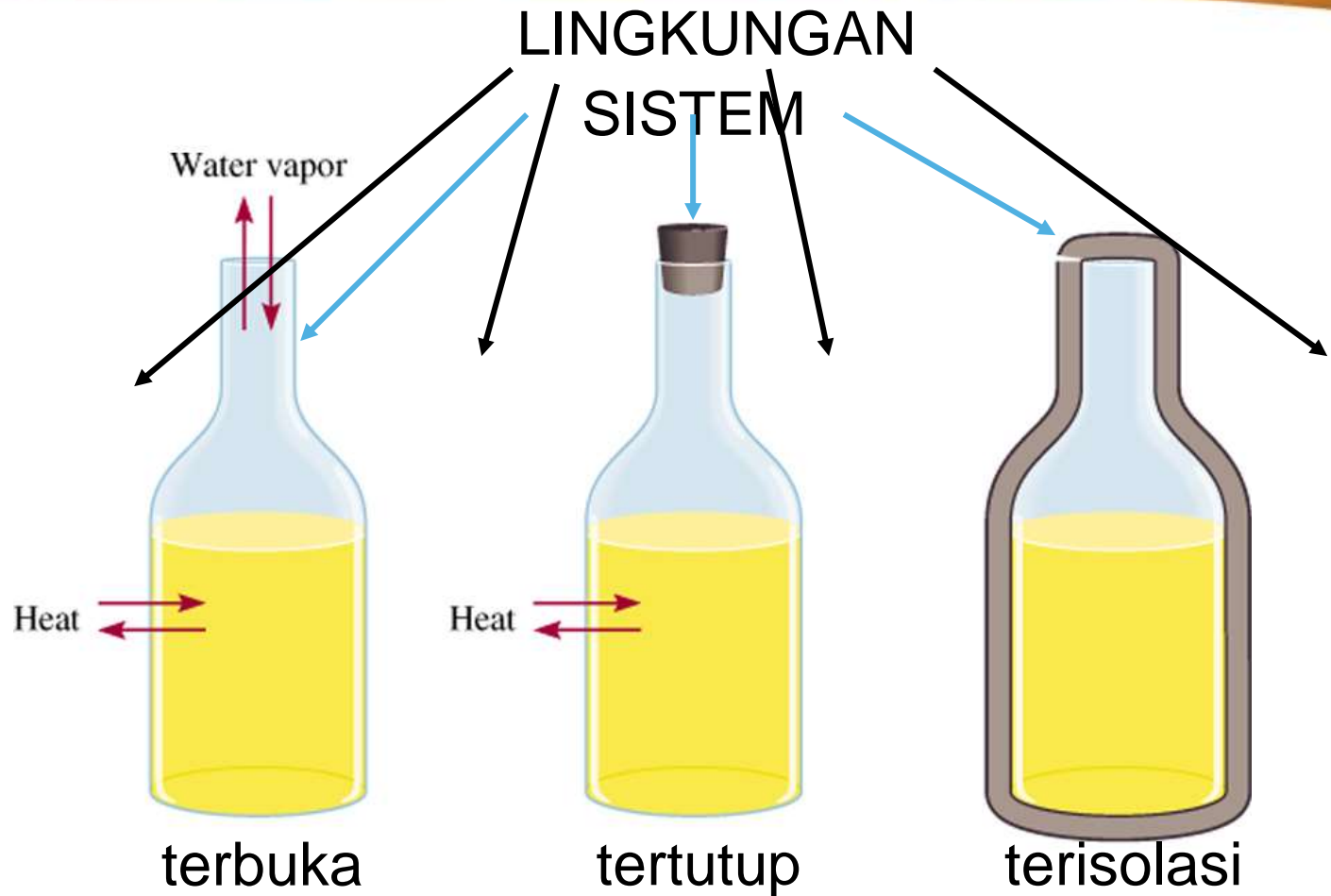
Energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk lain  
(termasuk ke bentuk yang tidak disebut energi (mis: kerja))

**Thermodyamics:**  
**a study of energy & its interconventions**

# Sistem & Lingkungan: transfer energi (E) & materi (m)



# Sistem & Lingkungan dalam kimia



**Perpindahan:** massa & energi

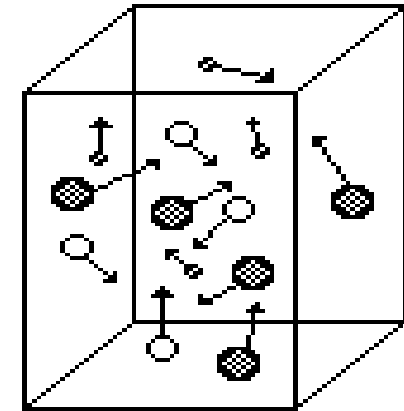
energi

tdk terjadi apa2



## Variabel keadaan sistem:

- $n$  (banyaknya zat)
- $V$  (volume)
- $p$  (tekanan)
- $T$  (temperatur)



State variables

$V$  volume

$P$  absolute pressure

$T$  absolute temperature

Mis. persamaan keadaan gas:

$$pV = nRT$$

$$p = p(n, T, V)$$

# Fungsi Keadaan



***Fungsi keadaan*** : sifat-sifat yang ditentukan oleh keadaan akhir & keadaan awal sistem, terlepas dari bagaimana keadaan tersebut dicapai.

Contoh: energi, tekanan, volume, suhu



Energi potensial gravitasi potensial **pendaki 1** dan **pendaki 2** adalah sama, tidak bergantung pada lintasan yang dipilih.



# Fungsi Keadaan



Contoh: energi, tekanan, volume, suhu

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

$$\Delta p = p_{akhir} - p_{awal}$$

$$\Delta V = V_{akhir} - V_{awal}$$

$$\Delta T = T_{akhir} - T_{awal}$$

diferensial eksak (d):  
dE, dp, dV, dT

Integrasinya:  $\Delta = \text{akhir} - \text{awal}$

# Bukan Fungsi Keadaan



Contoh: panas ( $q$ ), kerja ( $w$ )

$$\Delta U = q + w$$

Fungsi  
keadaan

Bukan  
Fungsi  
keadaan

diferensial tak eksak ( $d'$ ):  
 $d'q$ ,  $d'w$

Integrasinya: bukan  $\Delta$   
Tetapi harga mutlak ( $q$ ,  $w$ )

# Hukum I Termodinamika dalam Kimia



## Kelestarian energi dalam reaksi kimia

$$\Delta U = q + w$$

$q$

$\Delta U$

$w$

$\Delta H$

Reaksi eksotermis

Reaksi endotermis

Fokus  
dalam  
Kimia

a

# Hukum I Termodinamika dalam Kimia



**Kelestarian energi dalam reaksi kimia**

$$\Delta U = q + w$$

Tenaga dalam sistem (U) dapat berubah karena:

- transfer panas (q) dari/ke lingkungan dan/atau
- kerja (w) oleh/kepada sistem

**Bagaimana bentuk kelestarian energi lokal & Global akibat proses-proses ini?**



# Hukum I Termodinamika dalam Kimia

Kelestarian energi dalam reaksi kimia

$$\Delta U = q + w$$

$$\Delta U / \Delta E$$

TENAGA DALAM  
( $E_{\text{sistem}}$ )

U atau E = jumlah energi kinetik (EK) & energi potensial (EP) dari seluruh spesies dalam sistem

Untuk suatu perubahan

$$\Delta E = E_{\text{final}} - E_{\text{initial}}$$

# Energi Termal, Temperatur & Panas



Energi termal:	<p>Energi yang berkaitan dengan gerak acak atom-atom dan molekul.</p> <p>Sifat ekstensif (jumlahan dari energi termal komponennya; tergantung pada ukuran sistem)</p>
Temperatur (T):	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Rerata energi kinetik (EK) dari molekul-molekul: <math>(EK = \frac{1}{2} mv^2)</math></li><li>▪ Pengukur intensitas (energi termal (sifat intensif); tetapi tidak sama dengan energi termal.</li></ul>
Panas atau kalor (q):	<p>Perpindahan energi termal dari objek yang lebih panas (T lebih tinggi) ke objek yang lebih dingin (T lebih rendah)</p>

# Panas , Temperatur, Energi Termal



90°C

T lebih tinggi tetapi  
energi termal lebih rendah

T lebih rendah tetapi  
energi termal lebih tinggi

q baru muncul dalam  
pembicaraan jika ada 2 benda  
dengan T berbeda berkontak  
(terjadi transfer energi termal)



40°C

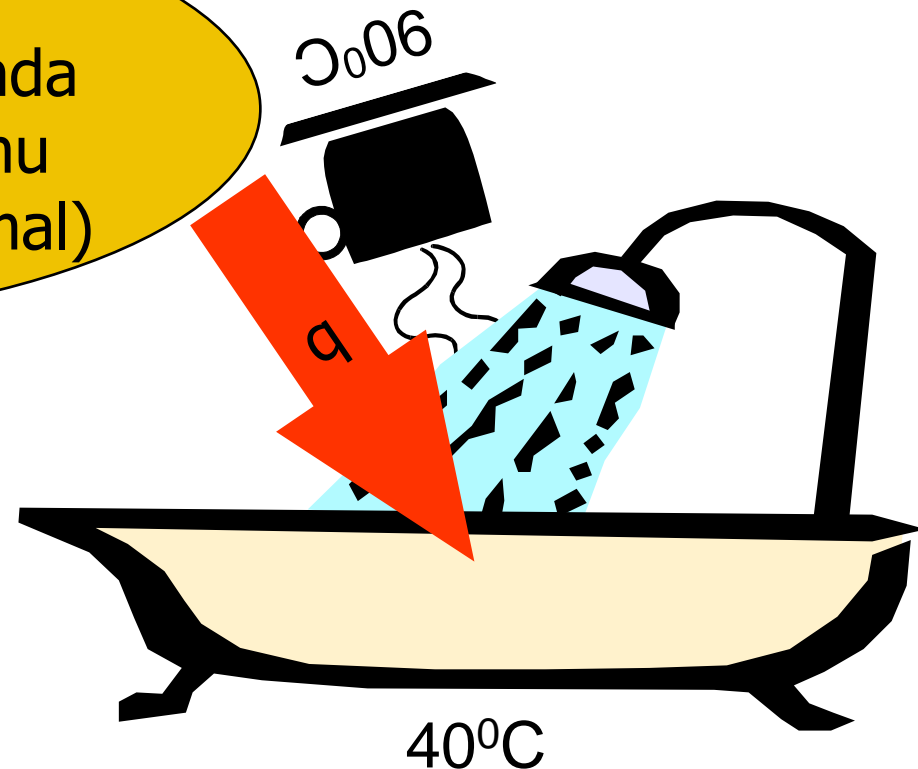




# Panas , Temperatur, Energi Termal

Eh ada yang iseng ...

$q$  baru muncul dalam pembicaraan jika ada 2 benda dengan  $T$  berbeda bertemu (terjadi transfer energi termal)



# Heat, $q$



“exothermic reaction”

# Heat, $q$



“endothermic reaction”

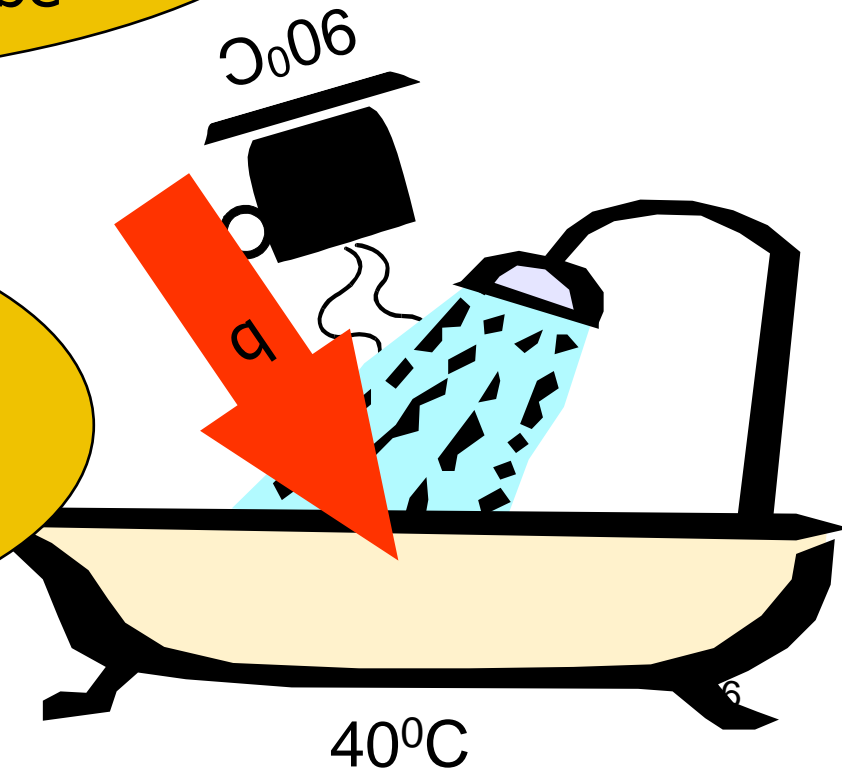
# Kuis 1 menit:

## Proses eksotermis atau endotermis?

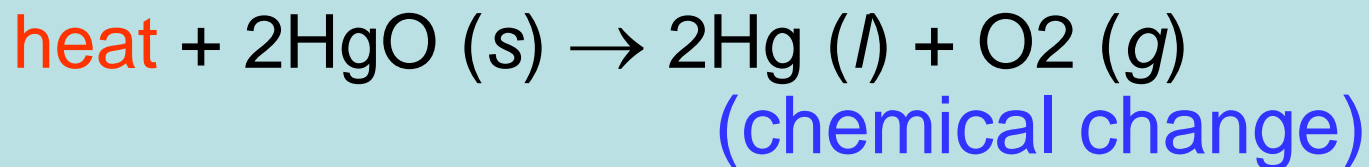
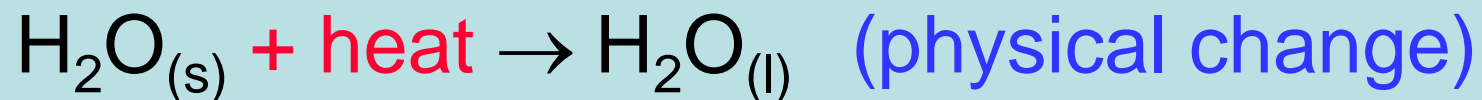
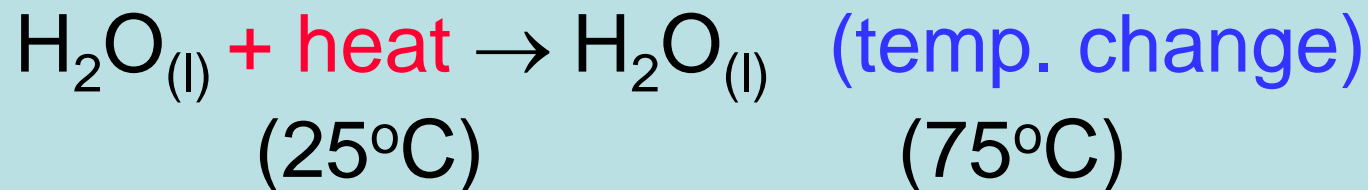
Definisikan terlebih dulu sistem:

- a) Segelas kopi,
- b) Bath tube, atau ...
- c) Segelas kopi + bath tube

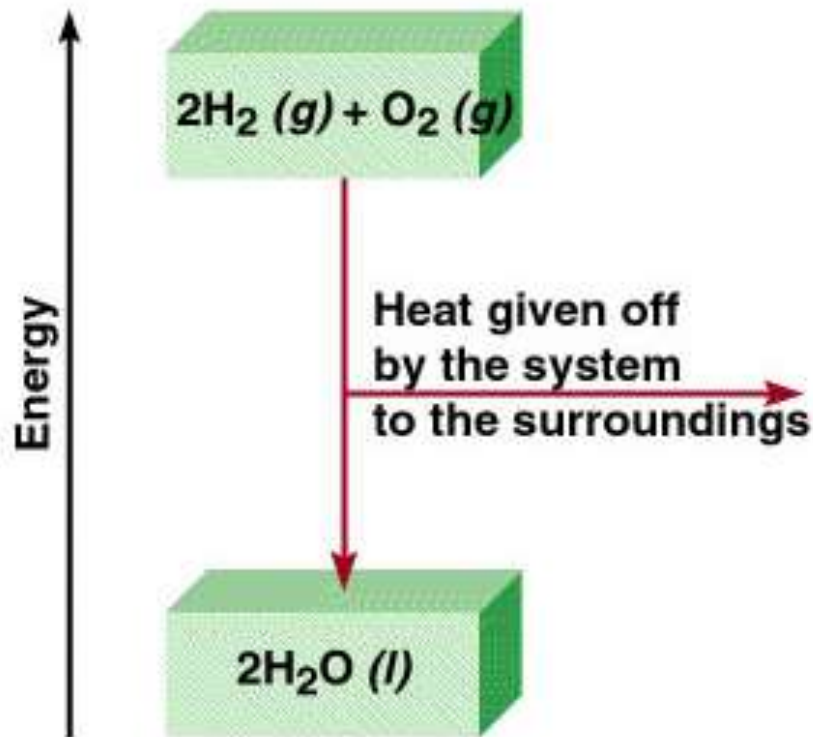
$q$  keluar atau masuk ke dalam sistem?



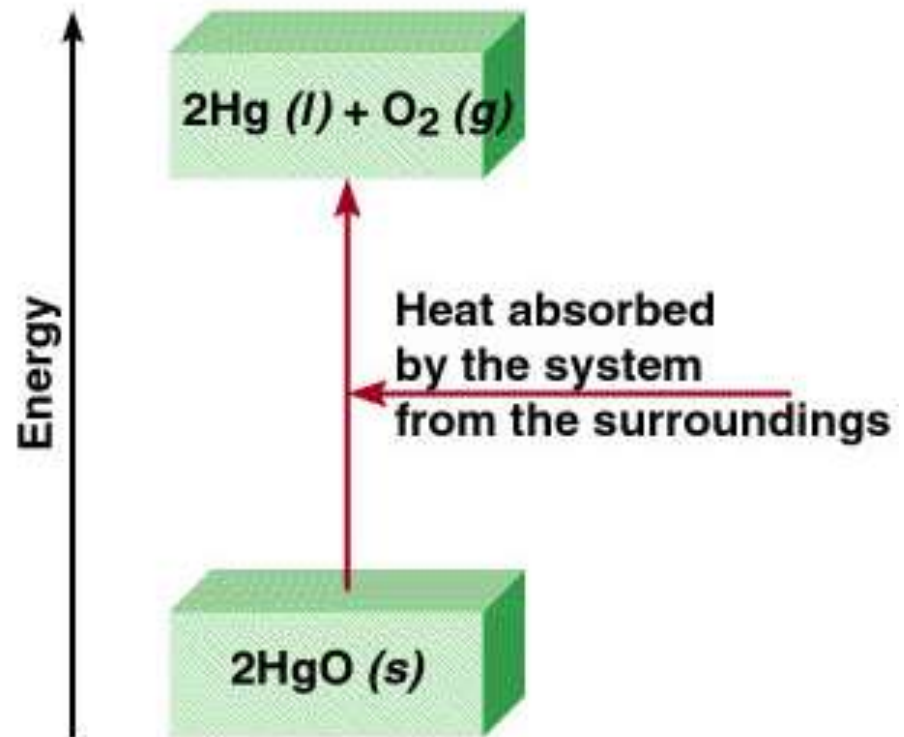
# Effects of Heat



# Pembentukan vs pemutusan ikatan: Eksotermis atau endotermis?

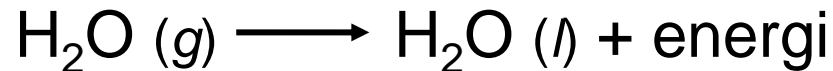
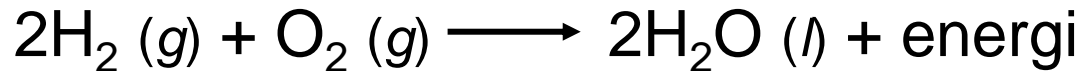


Eksotermik

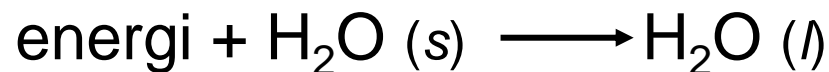


Endotermik

**Proses eksotermik** adalah setiap proses yang melepaskan kalor (yaitu, perpindahan energi termal ke lingkungan).



**Proses endotermik** adalah setiap proses dimana kalor harus disalurkan ke sistem oleh lingkungan.





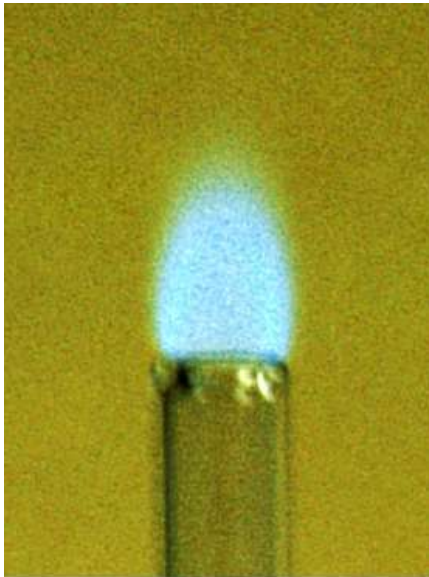


***Hukum termodinamika pertama*** – energi dpt diubah dr satu bentuk ke bentuk yg lain, tetapi tdk dpt diciptakan atau dimusnahkan.

$$\Delta E_{\text{sistem}} + \Delta E_{\text{lingkungan}} = 0$$

or

$$\Delta E_{\text{sistem}} = -\Delta E_{\text{lingkungan}}$$



Reaksi kimia eksotermik!

Energi kimia **yg hilang** dr pembakaran = Energi **yg diperoleh** dari lingkungan  
sistem lingkungan

# Bentuk Hukum Pertama untuk $\Delta E_{\text{sistem}}$

$$\Delta E = q + w$$

$\Delta E$  perubahan energi dalam suatu sistem

$q$  jumlah kalor yang dipertukarkan antar sistem dan lingkungan

$w$  adalah kerja yang dilakukan pada (atau oleh) sistem tersebut

$w = -P\Delta V$  ketika gas memuai thd tekanan eksternal yg konstan merupakan kerja yg dilakukan gas pd lingkungannya

**TABLE 6.1**

## Sign Conventions for Work and Heat

Process	Sign
Work done by the system on the surroundings	—
Work done on the system by the surroundings	+
Heat absorbed by the system from the surroundings (endothermic process)	+
Heat absorbed by the surroundings from the system (exothermic process)	—

# Kerja yang Dilakukan pada Suatu Sistem

$$w = Fd$$

$$w = -P \Delta V$$

$$P \times V = \frac{F}{d^2} \times d^3 = Fd = w$$



Kerja  
bukan  
merupakan  
fungsi  
keadaan!

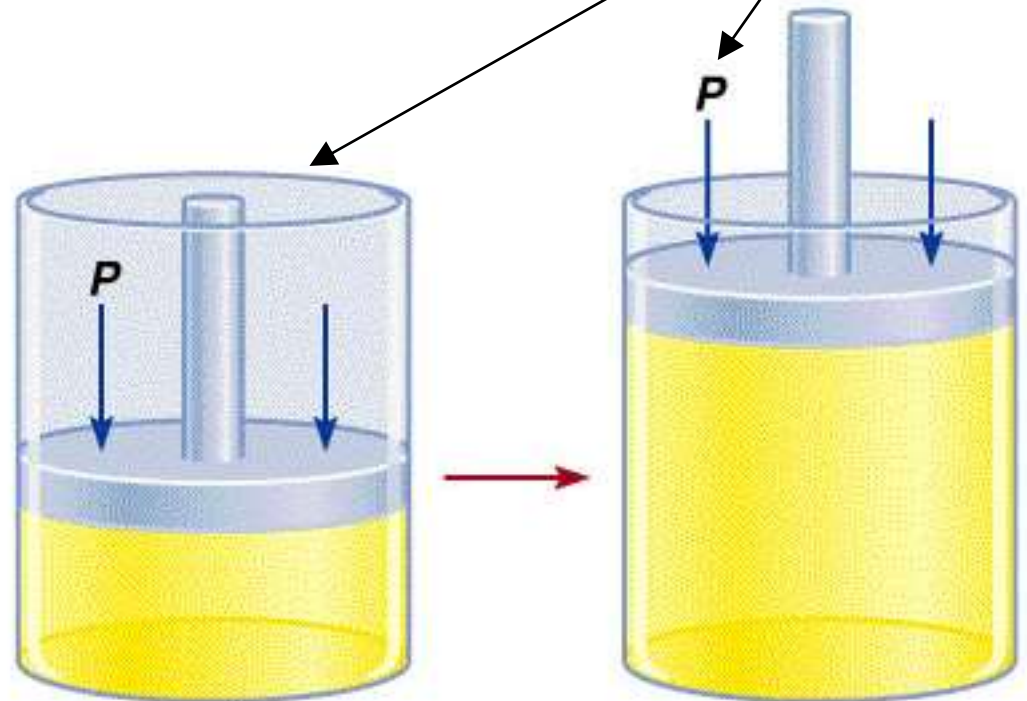
$$\Delta w \neq w_{k. \text{ akhir}} - w_{k. \text{ awal}}$$

$$\Delta V > 0$$

$$-P \Delta V < 0$$

$$w_{\text{sis}} < 0$$

P eks

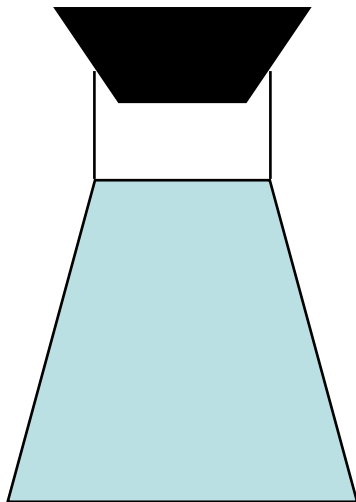


kondisi awal

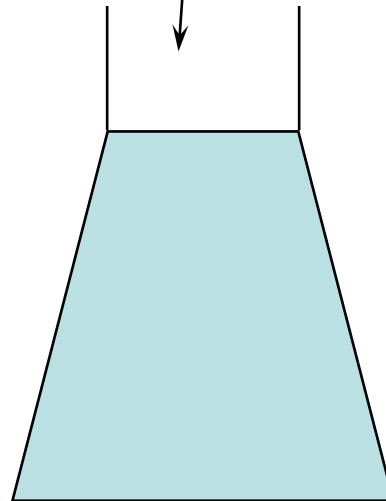
Kondisi akhir

# Internal Energy

If the system is closed,  $\Delta V = 0$ ,  
and  $q = \Delta E$



if the system is open,  $\Delta V \neq 0$ ,  
and  $q = \Delta E + p \Delta V$



H = entalpi

Pert. #3



**Thank you!**

